



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO

FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA

Trabajo final presentado para optar el grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto

**Cultivares de ajo blanco bajo riego con efluentes urbanos tratados y
fertilización nitrogenada**

José Andrés Más

DNI: 25.167.827

Director: Ing. Agr. Fabricio Salusso

Co-director: Dr. Raúl Crespi

Río Cuarto - Córdoba

Marzo/2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: **CULTIVARES DE AJO BLANCO BAJO RIEGO CON EFLUENTES URBANOS TRATADOS Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA**

Autor: José Andrés Más

DNI: 25.167.827

Director: Ing. Agr. Fabricio Salusso

Co-Director: Dr. Raúl Crespi

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

Ing. Agr. Gastón Pautasso _____

Ing. Agr. Diego Ramos _____

Ing. Agr. Fabricio Salusso _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

DEDICATORIA

A mi familia Karina, Baltazar y Guillermina que me permitieron robarle tiempo para terminar y cerrar esta etapa.

A mis padres Aracelis y Andrés que hicieron un gran esfuerzo para costearme mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a toda la cátedra de Horticultura a Liliana Grosso, Fabricio Salusso y Diego Ramos que estuvieron siempre ayudando a terminar esta etapa de mi carrera.

A mi compañeros de trabajo y jefes que me ayudaron a terminar mi tesina.

Marta Susana Dardanelli (Vicky) que fue quien medio el punta pie inicial para terminar este sueño.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY.....	IX
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	1
1-Cultivo de ajo.....	1
2-Efluentes urbanos tratados.....	3
3-Fertilización nitrogenada.....	5
HIPÓTESIS.....	7
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
1- Características del ensayo	8
2-Planta piloto de tratamiento de efluentes urbanos.....	8
3-Plantación del cultivo.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
1- Aportes de agua durante el ciclo del cultivo.....	12
2- Calibres de bulbos.....	13
3- Rendimiento.....	14
4- Análisis microbiológico.....	16
CONCLUSIONES.....	17
BIBLIOGRAFÍA.....	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Determinaciones analíticas del efluente urbano tratado .Planta piloto UNRC.....	9
Tabla 2. Comparación de calibre de los bulbos entre los cultivares de ajo para una misma dosis de fertilización nitrogenada. Planta piloto UNRC.....	13
Tabla 3. Comparación del calibre de los bulbos entre diferentes dosis de fertilizantes nitrogenada para un mismo cultivar. Planta piloto UNRC.....	13
Tabla 4. Comparación del calibre de los bulbos entre cultivares y diferentes dosis de fertilización. Planta Piloto UNRC.....	14
Tabla 5. Comparación del rendimiento entre los cultivares de ajo para una misma dosis de fertilización nitrogenada. Planta Piloto UNRC.....	14
Tabla 6. Comparación del rendimiento entre diferentes dosis de fertilización nitrogenada para un mismo cultivar. Planta Piloto UNRC.....	15
Tabla 7. Comparación del rendimiento entre cultivares y diferentes dosis de fertilización nitrogenada. Planta piloto UNRC.....	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lámina de agua que recibió el cultivo durante el ciclo. Planta piloto. UNRC.... 12

RESUMEN

La fertilización nitrogenada permite aumentar los rendimientos en el cultivo de ajo, mientras que la reutilización de efluentes tratados en el riego agrícola garantiza una fuente constante y segura de agua, aporte continuo de nutrientes y ahorro en gastos de fertilización. Con el objetivo de evaluar diferentes dosis de fertilización nitrogenada en cultivares de ajo regados con efluentes urbanos tratados, se efectuó una plantación el 25/04/06 con cultivares de ajo del tipo “blanco”: Nieve INTA, Perla INTA y Unión a una densidad de 286.000 plantas.ha⁻¹. Los tratamientos resultaron de la combinación de 3 (tres) cultivares de ajo y 3 (tres) dosis de fertilización nitrogenada: 100 kg.ha⁻¹ de N (N100); 200 kg.ha⁻¹ de N (N200) más un testigo sin fertilizar. Todos los tratamientos se regaron con efluentes urbanos tratados. El diseño fue en bloques completos al azar con 3 repeticiones. El cultivo recibió por riego 416 mm y 377 mm efectivos, por precipitación. Los cultivares Nieve y Perla presentaron diferencias significativas en calibre de bulbos para el tratamiento N200 en relación al testigo, no así el cultivar Unión. Sin embargo, éste último fue el que presentó un mayor rendimiento en (kg.ha⁻¹) con un nivel de significancia del 5% según test de Fisher. Los análisis microbiológicos en los bulbos confirmaron ausencia de *Salmonella sp.* y *Escherichia coli* por lo cual los bulbos serían aptos para el consumo en fresco.

SUMMARY

Nitrogen fertilization increases yields in garlic cultivation, while the reuse of treated effluents in agricultural irrigation ensures a constant and safe source of water, continuous nutrient supply and savings in fertilization costs. In order to evaluate different doses of nitrogen fertilization in garlic cultivars irrigated with treated urban effluents, a plantation was carried out on 04/25/06 with "white" garlic cultivars: INTA snow, INTA pearl and Union at a density of 286,000 plants.ha⁻¹. The treatments resulted from the combination of 3 (three) cultivars of garlic and 3 (three) doses of nitrogen fertilization: 100 kg.ha⁻¹ of N (N100); 200 kg.ha⁻¹ of N (N200) plus an unfertilized control. All treatments were irrigated with treated urban effluents. The design was in random complete blocks with 3 replicates. The crop was irrigated by 416 mm and 377 mm effective, by precipitation. The cultivars Nieve and Perla presented significant differences in caliber of bulbs for the treatment N200 in relation to the control, but not the cultivar Unión. However, the latter showed the highest performance in (kg.ha⁻¹) with a significance level of 5% according to Fisher's test. Microbiological analyzes in the bulbs confirmed the absence of *Salmonella sp.* and *Escherichia coli* whereby the bulbs would be suitable for fresh consumption.

INTRODUCCIÓN

1. Cultivo de ajo

El ajo *Allium sativum* L. procedente del centro y sur de Asia desde donde se propago al área mediterránea y de ahí al resto del mundo, se cultiva desde hace miles de años. Unos 3000 años a.C., ya se consumía en la India y en Egipto (Abcagro, 2012; Burba, 2013). A finales del siglo XV los españoles introdujeron el ajo en el continente americano (Espina Pozo, 2003).

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).

No es una planta muy exigente en clima, aunque adquiere un sabor más picante en climas fríos. El cero vegetativo del ajo corresponde a 0 °C. A partir de esta temperatura se inicia el desarrollo vegetativo de la planta. Hasta que la planta tiene 2-3 hojas soporta bien las bajas temperaturas. Para conseguir un desarrollo vegetativo vigoroso es necesario que las temperaturas nocturnas permanezcan por debajo de 16°C. En pleno desarrollo vegetativo tolera altas temperaturas (por encima de 40°C) siempre que tenga suficiente humedad en el suelo (Infoagro, 2013).

Los suelos deben tener un buen drenaje. Una humedad en el suelo un poco por debajo de la capacidad de campo, es óptima para el desarrollo del cultivo. Se adapta muy bien a la mayoría de suelo en donde se cultivan cereales. Prefiere los suelos francos o arcillosos, ricos en potasio (Infoagro, 2013).

Se pueden diferenciar cuatro grandes centros mundiales de producción y consumo, el centro asiático produce el 86% del ajo del mundo; el centro europeo o mediterráneo, conformado por España, Francia e Italia (se anexan Egipto y Turquía por proximidad geográfica), aporta el 6%; el centro norteamericano; que agrupa a México y Estados Unidos, representa el 3% y el centro sudamericano, conformado por Brasil, Argentina y Chile, aporta el 4% de la producción global. China, Argentina, España, Francia y México agrupan aproximadamente el 80% del valor (y el 90% del volumen) del ajo comercializado en el mundo (Alimentos Argentinos, 2013).

La producción nacional en el periodo analizado (1996-2006), siempre ha sido superior a las 90.000 t, alcanzando los máximos valores en los años 1998-2000 con más de 145.000 t. Debido a sus condiciones climáticas, Mendoza y San Juan aportan el 95% del ajo producido

en el país, siguiendo en orden de importancia las provincias de Córdoba y Buenos Aires (Alimentos Argentinos, 2013).

Argentina es el segundo país exportador de ajo, destinando al mercado externo entre el 70% y el 80% de la producción, estimada entre 80000 y 120000 t. año⁻¹. Las provincias de Mendoza y San Juan concentran el 80% de la producción y el 95% de las exportaciones. El ajo es la principal hortaliza fresca exportable de la Argentina (Burba, 2005).

Sigue siendo el ajo blanco el de mayor importancia en superficie, seguido de los morados y con menor importancia los colorados (Burba, 2013; Sinavimoz, 2012). La producción está fundamentalmente en manos de pequeños y medianos productores (Sinavimoz, 2012).

Los principales países productores de ajo se encuentran en el centro asiático, representados principalmente por China, que produce el 83% del ajo del mundo. El centro Sudamericano, conformado por Brasil y Argentina, aporta alrededor del 1,5% de la producción global siendo significativa su participación en el comercio mundial ya que Brasil es el principal comprador. Las variedades producidas en el país se caracterizan por tener bulbos regulares con pocos dientes y mucho requerimiento de frío (Pereyra, 2011). Esta producción se destina a varios países de la Unión Europea, América y Japón (Burba, 2005).

La superficie cultivada de ajo para la temporada 2010-2011 en las principales provincias argentinas, alcanzaron las 14.050 ha. Los rendimientos por hectárea posicionan en primer lugar al ajo morado con una media de 14,29 t.ha⁻¹, en segundo término el ajo colorado con 10,53 t.ha⁻¹ y en tercer lugar el ajo blanco con 10,37 t.ha⁻¹ de ajo limpio y seco, es decir sin ramas ni raíces, los ajos blancos predominan con un 55% de la superficie, seguido de los morados con el 45%, sin presencia de colorados (Potaschner, 2010).

La producción principal se localiza en dos provincias de la región de cuyana; Mendoza lidera la superficie cultivada del país con 11.550 ha (82%) de todos los tipos comerciales difundidos mientras que la provincia de San Juan presenta unas 1900 ha (13,5%), principalmente ajo blanco. Ambas provincias están fundamentalmente dedicadas al ajo de exportación para consumo en fresco, con escaso valor agregado. En el resto del país, Buenos Aires registró para la misma campaña 700 ha (4,9%), siendo el ajo cultivado del tipo colorado y Córdoba alrededor de 100 ha, un 0,7% de la superficie nacional. Estas dos provincias son abastecedoras tradicionalmente del mercado interno (Pereyra, 2011).

En la provincia de Córdoba se produce ajo en la zona de Jesús María, Villa Dolores y en el Departamento de Cruz del Eje siendo ésta 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).

2. Efluentes urbanos tratados

Muchos países tienen el problema de un severo desequilibrio hídrico. Este desequilibrio por la demanda de agua y su suministro es debido, principalmente, a la desigual distribución de las precipitaciones, altas temperaturas y excesiva demanda para riego (Sanchez *et al.*, 2010).

En los últimos años la creciente demanda por los recursos naturales, especialmente hídricos, por parte de los agros sistemas y las ciudades, han obligado a priorizar el agua de mejor calidad para el consumo humano y a utilizar aquellas de inferior calidad en el agro (Formento y Ferrazzino, 2011).

Las ciudades impactan en los sistemas circundantes, transformando su suelo y sus recursos hídricos superficiales y subterráneos, pero a su vez es impactado por el sistema rural, el que recibe la influencia de los agroquímicos y los residuos sólidos, contenedores de residuos de agroquímicos (proyecto integrado PNHFA3, 2006).

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua con el 65%, no solo porque la superficie irrigada en el mundo ha tenido que quintuplicarse sino porque no se cuenta con un sistema de riego eficiente. Le siguen el sector industrial que requiere el 25% y el consumo doméstico, comercial y de otros servicios urbanos municipales que requieren el 10%. Para este año el uso industrial alcanzará el 34% a costa de reducir al 58% los volúmenes destinados para riego y al 8% los destinados para otros usos. El consumo total de agua se ha triplicado desde 1950 sobrepasando los $4.300 \text{ km}^3 \cdot \text{año}^{-1}$, cifra que equivale al 30% de la dotación renovable del mundo que se puede considerar como estable (PNUMA, 2002).

Antes estas circunstancias muchas regiones del mundo han alcanzado el límite de aprovechamiento del agua, lo que lo ha llevado a sobreexplotar los recursos hidráulicos superficiales y subterráneos, creando un fuerte impacto en el ambiente (PNUMA, 2002).

El agotamiento del agua subterránea es la amenaza oculta para la seguridad de los alimentos. La oferta de alimentos de muchos países en desarrollo depende del agua subterránea que se utiliza para irrigación (PNUMA, 2002).

Es importante mejorar la eficiencia del uso del agua para riego, tanto como explorar alternativas, este el caso del aprovechamiento de aguas marginales, entre ellas, los efluentes domésticos tratados (Fasciolo *et al.*, 2000).

El agua dulce es un recurso vital pero cada día es más escaso debido al crecimiento demográfico, la urbanización y la industrialización, a lo que se suman los conflictos asociados a los cambios climáticos, esto obliga a priorizar el uso del agua de primera calidad para el

abastecimiento público y aprovechar aguas de menor calidad en usos menos exigentes, como es el riego agrícola. Cabe destacar que, además del potencial que ofrecen los efluentes tratados como oferta de agua para riego, son una importante fuente de nutrientes y materia orgánica para los cultivos (González y Rubalcaba, 2011).

En muchos lugares del mundo y en este país, los efluentes urbanos son vertidos directamente a un cauce natural, argumentando que los lechos de los ríos constituyen un excelente dispositivo natural de filtración, sin pensar o querer pensar, en la contaminación que se está produciendo aguas abajo, no solo por el impacto en si misma sino también por la proliferación de todo tipo de roedores e insectos transmisores de enfermedades (Crespi *et al.*, 2009).

En función de lo expresado, una práctica que se tiene que tomar seriamente es el tratamiento de las aguas residuales, con el objetivo de disminuir el impacto ambiental y realizar un aprovechamiento de las mismas para uso agrícola, el tratamiento de las aguas residuales es generalmente un proceso que se realiza en varios pasos, en los que se utilizan tratamientos químicos y biológicos. Los posibles tratamientos para aguas residuales urbanas se clasifican en preliminar, primario, secundario y terciario. Por agua preliminar se entiende a aquella que proviene del desbaste y eliminación de partículas con tamaño superior a 0,2 mm, las aguas primarias consiste en separaciones físicas, eliminación de materia flotante (grasas y espuma), las aguas secundarias es un proceso netamente biológico y se elimina el material en suspensión y la mayor parte de los metales pesados y por últimos las aguas terciarias, se eliminan los patógenos presentes y desinfección (Crespi, 2005).

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

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

Respecto a la composición típica de las aguas residuales, estas contienen 99,9% de agua y solo 0,1% de fracción sólida; de la cual, aproximadamente el 70% son componentes orgánicos (proteínas, grasas, etc.) y el resto inorgánicos (arcilla, arena) (Cortez Cadiz, 2003).

El uso en la agricultura de efluentes tratados, está basada en aprovechar los nutrientes contenidos en el agua para el desarrollo de los cultivos, además éste riego preserva la fertilidad y la estructura de los suelos. Por otro lado, en muchos países en vías de desarrollo, es la única opción de fertilización agrícola y además permite la disminución de los organismos patógenos

en las aguas excedentes de riego por el proceso de retención que se produce en el suelo, con lo cual resulta un tratamiento adicional de depuración de las aguas (Esteller, 2002).

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

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

La concentración de nutrientes de las aguas residuales tratadas varía entre 10 a 100 mg L⁻¹ de Nitrógeno, de 5 a 25 mg L⁻¹ de fosforo y 10 a 40 mg L⁻¹ de potasio. Estas cantidades de nutrientes aportadas por el efluente pueden cubrir en muchos casos las necesidades de nitrógeno, fosforo y potasio de un cultivo (Silva *et al.*, 2008).

3. Fertilización nitrogenada

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

El ajo es un cultivo que responde fundamentalmente a la fertilización nitrogenada, absorbiendo éste nutriente principalmente en la etapa de mayor expresión vegetativa, extrayendo valores que oscilan entre 120-240 kg ha⁻¹ (Huez Lopez *et al.*, 2009).

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

Fasciolo *et al.*, (2002) reportaron que en el cultivo de ajo, el riego con efluentes se comportó como una fertilización nitrogenada aumentando los rendimientos por hectárea 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.

Cultivares de ajo “blanco” y “morado” fueron regados con dos calidades de agua, efluentes urbanos tratados y agua de perforación, no se encontraron diferencias estadísticas entre ambos tipos de calidades de agua para la producción (kg ha^{-1}), en 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 es posible regar el cultivo de ajo con efluente urbano tratado y reemplazar el uso del agua limpia, sin afectar su producción y calidad sanitaria (Grosso *et al.*, 2005; Crespi, 2005).

HIPÓTESIS

La fertilización nitrogenada mejoraría el calibre y rendimiento de diferentes cultivares de ajo, regados con efluentes urbanos tratados sin afectar la calidad sanitaria del producto.

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la calidad comercial y sanitaria de diferentes cultivares de ajo fertilizados con nitrógeno y regados con efluentes urbanos tratados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el calibre de los bulbos secos y limpios (mm) para cada uno de los tratamientos.
- Determinar el rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de los bulbos secos y limpios (mm) para cada uno de los tratamientos.
- Determinar a la cosecha la presencia o ausencia de microorganismos perjudiciales para la salud humana como *Salmonella sp.* y *Escherichia coli*.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Características del ensayo

El ensayo se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto próximo a las Residencias Estudiantiles Universitaria, (33° 06'49.78" S, 64° 18' 18.09" O y a 429 metros sobre el nivel del mar), donde está instalada una Planta Experimental para el tratamiento y la reutilización de aguas residuales urbanas con un potencial de captación del efluente erogado por el complejo habitacional, en el Departamento de Río Cuarto, Provincia de Córdoba, Argentina.

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

2. Planta piloto de tratamiento de efluentes urbanos

El agua residual fue tomada de una muestra de 32 habitantes que generan diariamente 3200 litros de efluente, el cual pasó desde los baños a 4 cámaras sépticas de forma cuadrada de cemento de 1 m de lado por 0,80 m de profundidad, desde ahí fue conducido con una pendiente del 1,5 % por una tubería de 90 m de longitud, de PVC de 110 mm de diámetro externo hacia una cámara séptica.

Desde esta cámara se capta el efluente con una bomba automática y se descarga en un reactor biológico (primera laguna de una serie de tres) de 6,0 m x 4,0 m x 1,3 m de profundidad, con una inclinación de las paredes respecto a la horizontal de 53° 7' y una capacidad operativa de 23.200 litros. Su función principal es la depuración del efluente, en un tiempo relativamente breve.

Para realizar este proceso se hizo recircular el efluente en un circuito cerrado, succionando por un lado empleando una bomba centrífuga de 1 HP y haciendo reingresar el caudal conducido por tuberías de PVC de 40 mm de diámetro por el otro extremo de la laguna a gran velocidad; a través de difusores tipo venturi, esto determina una baja de presión de tal magnitud que permitió la succión de aire desde el exterior y la consecuente incorporación al seno del líquido, de esta manera, se generó una población bacteriana que

fue la encargada de la estabilización de la materia orgánica en condiciones aerobias, siendo básicamente el CO₂ el gas producido en la reacción química.

La segunda y la tercera laguna son de maduración, tienen igual forma geométrica y características constructivas que la primera, pero las dimensiones son diferentes, su objetivo es bajar el nivel de patógenos a límites permisibles haciendo uso de la luz ultravioleta (EPA, 2000). En la tabla 1 se muestran las características analíticas del efluente urbano tratado.

Tabla 1: Determinaciones analíticas del efluente urbano tratado. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto.

Determinación	Unidad	Valor	Determinación	Unidad	Valor
Sólidos sedimentables (120')	mg L ⁻¹	0,80	Litio	mg L ⁻¹	No detectable
Sólidos totales	mg L ⁻¹	842,0	Boro	mg L ⁻¹	0,14
Sólidos totales fijos	mg L ⁻¹	298,0	Cromo	mg L ⁻¹	0,04
Sólidos totales volátiles	mg L ⁻¹	544,0	Magnesio	mg L ⁻¹	11,6
Sólidos disueltos Totales	mg L ⁻¹	590,0	Manganeso	mg L ⁻¹	0,08
Sólidos disueltos Fijos	mg L ⁻¹	380,0	Níquel	mg L ⁻¹	No detectable
Sólidos disueltos Volátiles	mg L ⁻¹	210,0	Potasio	mg L ⁻¹	16
Sólidos Suspendidos Totales	mg L ⁻¹	252,0	Plomo	mg L ⁻¹	No detectable
pH		7,82	Selenio	mg L ⁻¹	No detectable
Conductividad eléctrica	dS m ⁻¹	1,13	Sodio	mg L ⁻¹	158
Turbiedad	FAU	263,5	Aluminio	mg L ⁻¹	0,99
Color Verdadero	PtCo A.	1150,0	Arsénico	mg L ⁻¹	0,017
Nitrógeno total	mg L ⁻¹	108,5	Cadmio	mg L ⁻¹	0,00014
Cloruros	mg L ⁻¹	138,0	Calcio	mg L ⁻¹	50
Sulfatos	mg L ⁻¹	14,50	Zinc	mg L ⁻¹	0,11
Alcalinidad total	mg L ⁻¹	350,0	Cobalto	mg L ⁻¹	No detectable
Alcalinidad carbonatos	mg L ⁻¹	<1	Cobre	mg L ⁻¹	No detectable
Fósforo total	mg L ⁻¹	8,10	Demanda Quím. O ₂	mg L ⁻¹	265
Hierro	mg L ⁻¹	1,30	Demanda Biol. O ₂	mg L ⁻¹	112,57

3. Plantación del cultivo

Previo 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 rastros, para lograr una brotación uniforme. Para el control de malezas se aplicó un herbicida residual (Pendimetalin) a la plantación.

Se procedió al separado de bulbillos (dientes) de tres cultivares de ajos tipo comercial “blanco”, se seleccionaron los bulbillos de mayor tamaño y se sumergieron, el día previo a la plantación, en una mezcla de agua y fungicida (Tiram) con la finalidad de prevenir ataques fúngicos.

La plantación se realizó el 25/04/2006, de forma manual con el terreno previamente marcado en un modelo espacial a 0,70 m entre surcos y 0,10 m entre plantas, dando una densidad de plantación de 286.000 pl.ha⁻¹.

Los tratamientos realizados resultaron de la combinación de 3 (tres) cultivares de ajo: Nieve INTA, Perla INTA y Unión, y 3 (tres) dosis de fertilización nitrogenada: 100 kg.ha⁻¹ de N (N100); 200 kg.ha⁻¹ de N (N200) más un testigo sin fertilizar. Todos los tratamientos se regaron con efluentes urbanos tratados.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con 3 repeticiones. El tamaño de los bloques fue de 5 m de largo y 8,40 m de ancho. La superficie total de la parcela fue de 126 m².

El riego se efectuó por superficie a través de tuberías de PVC de 160 mm de diámetro con “ventanitas” y reponiendo el agua a un punto de marchitez incipiente (Wi) del 50%. La fertilización nitrogenada se realizó con urea granulada en tres aplicaciones a los 68, 118 y 137 días después de la plantación. El control de malezas durante el ciclo del cultivo se realizó en forma manual y además se efectuaron controles químicos con herbicida Pedimentalin a razón de 2,5 l/ha

La cosecha se realizó a los 208 días después de la plantación en forma manual, el indicador 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 efectuar las determinaciones correspondientes.

Para el análisis microbiológico se tomaron a la cosecha del cultivo 5 muestras de bulbos para cada tratamiento, se colocaron en bolsas de nylon identificadas. Los análisis fueron efectuados por un laboratorio de la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales (UNRC).

Para la determinación de *Escherichia coli* se utilizó el método del Caldo MacConkey a 35 °C durante 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 datos obtenidos fueron analizados estadísticamente con el programa Infostat, aplicando análisis de varianza y comparación de medias con el test de Fisher ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Aportes de agua durante el ciclo del cultivo

La lámina de agua aplicada mediante riego con efluentes urbanos tratados fue de 416 mm distribuidos en 13 riegos durante el ciclo del cultivo, por su parte, el aporte realizado por las precipitaciones fue de 377 mm, alcanzando un total de agua aportada al cultivo de 793 mm. En la figura 1 se muestran los aportes de agua (mm) que recibió el cultivo a lo largo del ciclo.

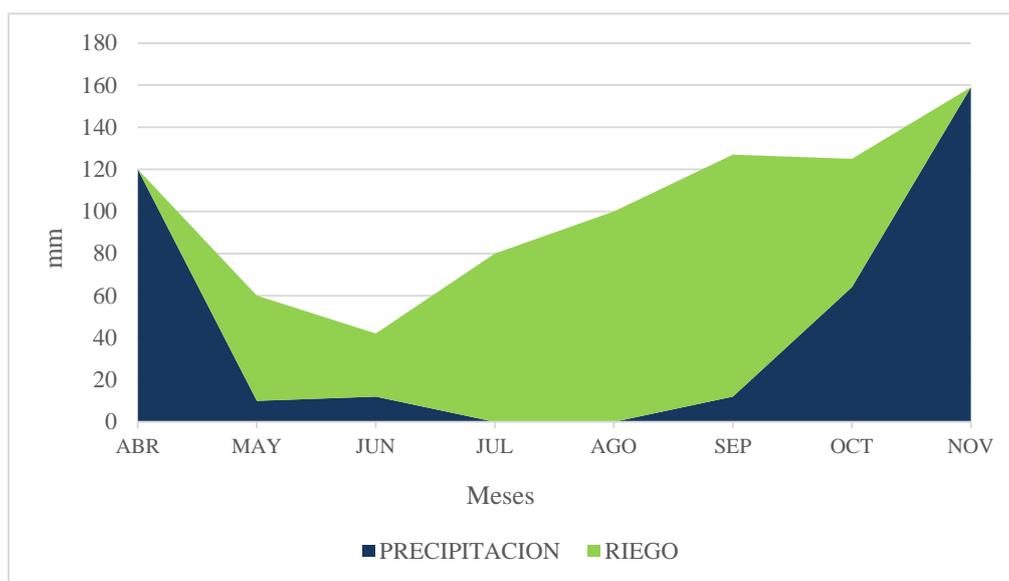


Figura 1. Lámina de agua que recibió el cultivo durante el ciclo. Planta piloto. UNRC.

Un deficiente manejo del agua en el cultivo puede ocasionar mermas importantes de rendimiento y calidad de producto. En la zona donde se llevó a cabo el experimento las precipitaciones en los meses invernales son insuficientes para satisfacer la demanda hídrica del cultivo 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 (Riego + Precipitaciones) fue suficiente para lograr óptimos rendimientos en ajo, según lo expresado por Burba, (1993).

Por otra parte, las mayores precipitaciones durante el periodo primaveral en combinación con el aumento de la temperatura, generan condiciones ideales para el desarrollo de enfermedades foliares, una de ellas es la Roya del ajo (*Puccinia alli*), muy perjudicial ya que ocurre en la etapa de bulbificación del cultivo. En el presente ensayo se produjo un importante ataque de esta enfermedad, determinando una merma en los rendimientos de los cultivares de ajo blanco.

2. Calibre de bulbos

Al analizar el calibre de los bulbos secos y limpios, como un componente directo del rendimiento, se pudo determinar que no existieron diferencias significativas entre los diferentes cultivares de ajo para una misma dosis de fertilización nitrogenada. No obstante, el cultivar Nieve manifestó valores levemente superiores al resto (Tabla 2).

Tabla 2: Comparación del calibre de los bulbos entre los cultivares de ajo para una misma dosis de fertilización nitrogenada. Planta Piloto. UNRC

Cultivares	Calibre (mm)		
	Testigo	N100	N200
Nieve	53,9 a	55,7 a	58,4 a
Perla	53,3 a	55,0 a	56,1 a
Unión	53,0 a	53,6 a	55,3 a
CV	2,93	2,34	2,93
<i>p</i> value	0,7893	0,1900	0,1353

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

Al comparar la respuesta de cada uno de los cultivares ante dosis variables de fertilización se observó que Nieve y Perla presentaron un aumento significativo del calibre para el tratamiento de N200 en relación al testigo. En el caso del cultivar Unión si bien no hubo una respuesta significativa ante el agregado de fertilizante, si existió una tendencia positiva al mismo (Tabla 3).

Tabla 3: Comparación del calibre de los bulbos entre diferentes dosis de fertilización nitrogenada para un mismo cultivar. Planta Piloto. UNRC

Fertilización	Calibre (mm)		
	Nieve	Perla	Unión
Testigo	53,9 a	53,3 a	53,0 a
N100	55,7 ab	55,0 ab	53,6 a
N200	58,4 b	56,1 b	55,3 a
CV	3,25	2,01	2,82
<i>p</i> value	0,0591	0,0541	0,2307

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

Observando estos valores, podemos decir que se obtuvieron bulbos de ajo con un calibre comercial aceptable en todos los cultivares. Sin embargo, el ataque importante de roya del ajo

que sufrió el cultivo seguramente afectó el desarrollo de un mayor calibre en los bulbos, al reducirse el área foliar en la planta existió una menor tasa fotosintética y por ende, menor disponibilidad de fotoasimilados para el llenado de los bulbos.

Cuando se comparó la interacción entre cultivares y dosis de fertilización en relación al calibre de los bulbos, los mejores resultados se obtienen con el cultivar Nieve y con una dosis de 200 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Comparación del calibre de los bulbos entre cultivares y diferentes dosis de fertilización nitrogenada. Planta Piloto. UNRC

Fertilización	Calibre (mm)		
	Nieve	Perla	Unión
Testigo	53,9 abc	53,3 ab	53,0 a
N100	55,7 bc	55,0 abc	53,6 abc
N200	58,4 d	56,1 cd	55,3 abc
CV	2,75		
<i>p</i> value	0,079		

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

3. Rendimiento

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede afirmar que no hubo diferencias de rendimiento entre los cultivares de ajo cuando se utilizó una misma dosis de fertilización. El cultivar Nieve fue el que manifestó una tendencia a un mayor rendimiento en el tratamiento testigo con el aporte de agua y nutrientes del efluente urbano tratado, cuando se fertilizó con nitrógeno el cultivar Unión fue el que produjo mejores resultados. Sin embargo, las diferencias entre ellos no fueron estadísticamente significativas (Tabla 5).

Tabla 5: Comparación del rendimiento entre los cultivares de ajo para una misma dosis de fertilización nitrogenada. Planta Piloto. UNRC

Cultivares	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)		
	Testigo	N100	N200
Nieve	6418,7 a	7256,3 a	8350,0 a
Perla	5652,7 a	6939,7 a	8567,0 a
Unión	6137,7 a	7336,7 a	8893,0 a
CV	15,36	15,46	6,00
<i>p</i> value	0,6201	0,8999	0,4769

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

No obstante, el rendimiento de los cultivares de ajo si respondió positivamente al aumento de la dosis de nitrógeno, se lograron los mayores rendimientos con la dosis de N200, con aumentos del 23% en cultivar Nieve, 34% en Perla y 31% en Unión, en relación al testigo sin fertilizar (Tabla 6).

Tabla 6: Comparación del rendimiento entre diferentes dosis de fertilización nitrogenada para un mismo cultivar. Planta Piloto. UNRC

Fertilización	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)		
	Nieve	Perla	Unión
Testigo	6418,7 a	5652,7 a	6137,7 a
N100	7256,3 ab	6939,7 ab	7336,7 a
N200	8350,0 b	8567,0 b	8893,0 b
CV	10,20	16,59	8,86
pvalue	0,0525	0,0598	0,0064

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

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).

Estos resultados son inferiores a los rendimientos obtenidos por Lipinski y Gaviola, (1999) en ajo cultivar Nieve, donde obtuvieron con una densidad de 30 plantas m⁻² un rendimiento de 10,8 t ha⁻¹ y de 9,60 t ha⁻¹ aplicando 150 kg ha de N y 300 kg ha de N (UAN) respectivamente y una lámina de riego de 540 mm. El máximo rendimiento lo obtuvieron con una aplicación de 225 kg ha⁻¹ de N y una densidad de 40 plantas m⁻².

Cuando se comparó la interacción cultivar y dosis de fertilización el mayor rendimiento con diferencias estadísticas significativas se obtuvo en el cultivar Unión con la mayor dosis de fertilización (N200) (Tabla 7).

Tabla 7: Comparación del rendimiento entre cultivares y diferentes dosis de fertilización nitrogenada. Planta Piloto. UNRC

Fertilización	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)		
	Nieve	Perla	Unión
Testigo	6418,6 ab	5652,6 a	6137,6 ab
N100	7256,3 bcd	6339,6 abc	7336,6 bcd
N200	8350,0 cde	8567,0 de	8893,0 e
CV	12,20		
pvalue	0,0026		

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

Análisis microbiológicos

Los resultados obtenidos en este trabajo en cuanto a la calidad sanitaria indicaron que el cultivo de ajo resultó seguro para la salud humana, ya que según los análisis microbiológicos no se detectó la presencia de *Escherichia coli* y tampoco de *Salmonella sp.*, sobre sus catáfilas al momento de la cosecha.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en este ensayo, en relación a la producción comercial del cultivo de ajo, se consideran aceptables para la región central del país utilizando una tecnología no convencional como es el riego con efluentes urbanos tratados.
- La fertilización nitrogenada aumentó los rendimientos de los diferentes cultivares de ajo, la dosis N200 fue aquella que arrojó los mejores resultados, siendo el cultivar Unión el de mayor respuesta.
- La investigación realizada sugiere que el uso de efluentes urbanos tratados es seguro para ser aplicado en este cultivo ya que los bulbos de todos los tratamientos resultaron libres de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*, garantizándose de esta manera la calidad sanitaria y su aptitud para el consumo humano.

BIBLIOGRAFÍA

- ABCAGRO. 2012. En: <http://www.abcagro.com/hortalizas/ajo.asp> Consultado: 14/3/2015.
- AJO – CADENAS ALIMENTARIAS. 2013. En: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/03/revistas/r_39/cadenas/hortalizas_ajo.htm. Consultado: 15/12/13.
- BLUMENTHAL, U.; A. PEASEY; G. RUIZ PALACIOS y D. MARA. 2000. Guide lines for waste water use in agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new research evidence. Rev. Task. N° 68. Part 1. UK. Pp.66
- BURBA, J. L. 1993. Producción de “semilla” de ajo. Manual de Producción de Semillas Hortícolas. Ed. J. Crnko. Fascículo 5. INTA. E.E.A. La Consulta, Mendoza, Argentina. Pp 163.
- BURBA, J.L. 2005. INFORAJO 2. Ediciones, INTA. EEA. La Consulta Mendoza.
- BURBA, J. L. 2013. 100 temas sobre producción de ajo: bases ecofisiológicas e ingeniería del cultivo de ajo. EEA La Consulta, Mendoza. ISBN 978-987-679-225-7. Vol 3 Pp 82.
- 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, N°: 2. Fundación para el fomento de la ingeniería del agua. ISSN: 1134 – 2196. Pp: 145 – 155.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. Folletos informativos de biosólidos de la EPA. Aplicación de biosólidos al terreno. Parte 1. www.estrucplan.com.ar/producciones/entregaASP. Consultado 20-09-20012.
- ESPINA POZO, M. 2003. Cadena productiva del ajo. Fund. Produce Queretaro. Pp: 1-85.
- ESTELLER, M. V. 2002. Vulnerabilidad de los acuíferos frente al uso de aguas residuales y lodos en la agricultura. Revista Latino-americana de Hidrogeología. N° 2. Toluca, México. Pp 103 - 113.
- FASCIOLO, G. E.; E. GABRIEL; F. TOSI y M. I. MECA. 2002. Rendimiento de los cultivos de ajo y cebolla regados con efluentes domésticos tratados. XIX Congreso Nacional del Agua. Córdoba. Argentina.
- FASCIOLO, G.; M. I. MECA; E. CALDERON y M. REBOLLO. 2005. Contaminación microbiológica en ajos y suelos regados con efluentes domésticos tratados. Revista

- de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo, tomo XXXVI. N° 1. Mendoza, Argentina. Pp 31 - 40.
- FORMENTO, S; FERRAZZINO, A. 2011. Apuntes agroeconómicos, consultado 08/08/2015. http://www.agro.uba.ar/apuntes/no_2/agua.htm
- GAVIOLA, S; M. F. FILIPPINI, y V. M. LIPINSKI. 1991. Ritmo de crecimiento y absorción de nutrimentos en ajo *Alliumsativum* L. I y II Curso Taller Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. 24 al 29 Junio 1991. INTA, Centro Regional Cuyo, Mendoza, Argentina. Pp. 105-112.
- GAVIOLA, S. y V. M. LIPINSKI. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y el color de cultivares de ajo *Alliumsativum* L. colorado. Rev. Ciencia e Investigación Agraria. Vol. 35. N° 1. Pp 67 - 75.
- GONZALEZ, M. I. y S. CHIROLES RUBALCABA. 2011. Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura. Rev. Cubana Salud Pública, vol.37, N°1. Ciudad de la Habana, Cuba.
- GROSSO, L.; D. RAMOS; V. BRIZUELA; M. RODRÍGUEZ; L. PENA y R. CRESPI. 2005. Cultivares de ajo *Alliumsativum* L. regados con efluentes urbanos tratados. Rev. Asociación Argentina de Horticultura. Vol. 24. N° 56/57. General Roca, Río Negro. Pp 114
- HUEZ LÓPEZ, M. A.; F. A. PRECIADO; J. LÓPEZ-ELÍAS; A. ÁLVAREZ; J. JIMÉNEZ y P. VALENZUELA. 2009. Productividad de ajo *Allim sativum* L. bajo riego por goteo en la Costa de Hermosillo. Rev. Biotecnia, Vol. 11, N° 2. México. Pp. 3 - 12.
- I.F-H. 2001. Informe Fruti-hortícola. Tecnologías para el desarrollo sustentable de la ciudad. Boletín N° 1. Diciembre.
- INFOAGRO 2013. Cultivo de ajo. En: <http://www.infoagro.com/hortalizas/ajo.htm>. Consultado 25/02/14
- LIPINSKI, V. M. y S. GAVIOLA. 1999. Fuentes y dosis de nitrógeno en fertirrigación de ajo cv. Fuego INTA. Rev. Horticultura Argentina N° 18. Pp 28 - 32.
- MIGANI, C y R. CRESPI. 2010. Reutilización de efluentes urbanos: la transformación de un problema en un recurso. XVII Jornada de intercambio de conocimientos científicos y técnicos. FCE. UNRC. Pp 21.
- PEREYRA, M. 2011. Informe de coyuntura de ajo de la provincia de Mendoza. Periodo agrícola 2011-2012. Instituto de Desarrollo Rural. Mendoza, Argentina. Pp 1 – 19.
- PNUMA. 2002. Perspectivas del medio ambiente mundial. Ed: mundi prensa.
- POSTASCHNER, P. 2010. Informe de coyuntura de ajo de la provincia de Mendoza. Periodo agrícola 2010-2011. Instituto de Desarrollo Rural. Mendoza, Argentina. Pp 1 – 17.

- PROYECTO INTEGRADO PNHFA3.2006. Desarrollado de tecnologías de procesos y gestión para la producción para la producción peri-urbana de hortalizas. En:<http://www.inta.gov.ar/sanpedro/investiga/pe/PNHF3141>. Htm. Consultado: 15/12/2014.
- SANCHEZ, A; CRESPI, R; GROSSO, L; RAMOS, D; SALUSSO, F. 2010. Evaluación del cultivo de ajo bajo riego con efluentes, fertilización nitrogenada y aplicación de biosólidos.
- SILVA, J.; P. TORRES y C. MADERA. 2008. Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. Rev. Agronomía Colombiana, Vol. 26, N° 2. Colombia. Pp. 347 - 359.
- SINAVIMO. 2012. Cultivo de Ajo. En: <http://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/ajo> consultado: 10/12/14.