



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

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

Modalidad: proyecto de investigación

**EFEECTO DEL RIEGO CON EFLUENTES URBANOS
TRATADOS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD
SANITARIA DE UN CULTIVO DE BRÓCOLI**

DELVALLE, DARDO DAVID

DNI: 34385866

Director: Ing. Agr. Fabricio, Salusso

Codirector: Ing. Agr. Diego Ramos

Río Cuarto-Córdoba

Mayo-2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: “Efecto del riego con efluentes urbanos tratados sobre el rendimiento y calidad sanitaria de un cultivo de brócoli”

Autor: Delvalle, Dardo David

Director: Ing. Agr. Fabricio, Salusso

Codirector: Ing. Agr. Diego, Ramos

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

Ing. Agr. Elena, Fernandez _____

Ing. Agr. Ernesto, Guevara _____

Ing. Agr. Fabricio Salusso _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico _____

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado hacia mi familia mi padre Delvalle Dardo Víctor, mi madre Córdoba María, hermano, abuelos, tíos, que de manera indistinta ya sea económicamente pero por sobre todas las cosas afectivamente, fueron un sostén y me ayudaron y apoyaron en todo momento para llegar a esta etapa final.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar 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.

Quiero agradecer a los profesores Fabricio, Diego y Gastón por permitirme realizar la presente tesis en la cátedra de Producción Hortícola, por la predisposición de parte de ellos, por su tiempo, por la amistad que se creó y por el gran esfuerzo que realizaron para proveerme la información necesaria para culminar este proyecto.

Agradezco también a Juan Martin Dalmaso por permitirme compartir y llevar a cabo este trabajo de manera conjunta.

Quiero extender mis agradecimientos a toda mi Familia, mis padres, mi hermano Franco y mi novia Carolina que fueron quienes me ayudaron en todo momento para lograr este sueño.

A mis amigos que me dejó la carrera con quien compartí no solo horas de estudio sino diversos momentos y que siempre han estado presente Juan Martin, Agustín, Elías, Ángel, Joaquín, Martin, Mauro, Matías y Javier.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE CUADROS.....	VII
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	VII
RESUMEN.....	IX
SUMMARY.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
1-El cultivo de brócoli.....	1
1.1-Importancia económica.....	1
1.2-Origen de la especie.....	2
1.3-Morfología de la especie.....	2
1.4-Requerimientos edáficos y climáticos.....	3
1.5-Nutrición del cultivo... ..	4
1.6-Valor nutricional.....	4
2-Tratamiento de aguas residuales.....	5
2.1-Utilización de efluentes urbanos tratados.....	5
2.2-Calidad Sanitaria.....	7
2.3-Calidad agronómica.....	9
HIPOTESIS.....	11
OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
1-Characterización del sitio experimental.....	12
1.1-Characterización de la región.....	12
1.2-Planta piloto de tratamientos de efluentes urbanos.....	12
1.2.1-Recolección del efluente urbano.....	12

1.2.2-Tratamiento primario y secundario del efluente urbano.....	13
2-Sitio Experimental.....	15
2.1-Preparación del terreno e Instalación del equipo de Riego.....	15
2.2-Producción de plantines e implantación del cultivo.....	16
2.3-Tratamiento y diseño experimental.....	17
2.4-Determinación de calidad sanitaria.....	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
1-Riego por goteo subterráneo con EUT y AP.....	19
1.1-Partición de asimilados diámetro de pella, pedúnculo y Rendimiento.....	20
1.3-Análisis Microbiológicos y parasitológicos.....	21
CONCLUSIONES.....	22
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	23

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Determinaciones analíticas del efluente urbano crudo. U.N.R.C. Río Cuarto.....	13
Cuadro 2: Determinaciones analíticas del Efluente Urbano Tratado y Agua de Perforación. Planta Piloto UNRC.	14
Cuadro 3: Promedio de materia seca acumulada en hojas, tallo y pella (g. MS planta-1), diámetro de pella (mm), rendimiento comercial (Mg.ha-1) e índice de cosecha de los cultivares de brócoli. Planta Piloto UNRC.....	20
Cuadro 4: Recuento de microorganismos en pellas frescas de brócoli a cosecha. Planta Piloto UNRC.....	21

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imágen 1: Conducción de los efluentes y pre-tratamiento. Planta Piloto. UNRC.....	13
Imágen 2: 1° y 2° laguna con macrófitas. Planta Piloto. UNRC.....	14
Imágen 3: Instalación del equipo de riego por goteo subterráneo. Planta Piloto UNRC....	16
Imágen 4: Esquema del diseño experimental en parcelas divididas del experimento a campo.....	17
Imágen 5: Evolución de la humedad de suelo en las parcelas regadas con efluentes urbanos tratados (EUT) y agua de perforación (AP) a una profundidad de 0-20 cm Planta Piloto. UNRC.....	19

RESUMEN

Durante los últimos años la agricultura bajo riego se ha incrementado de manera considerable, debido a la disponibilidad limitada de agua potable para la población. Utilizar agua residual tratada constituye una alternativa viable para satisfacer la demanda del recurso en los sistemas agrícolas. El tratamiento de efluentes urbanos y su utilización en la agricultura pueden significar no sólo un aporte de agua para riego, sino también una importante fuente de nutrientes para los cultivos. Su aplicación mediante sistemas de riego subterráneos, es recomendable ya que permite localizar el recurso en las raíces de los cultivos, haciendo un uso más eficiente y menos riesgoso del mismo. El objetivo del estudio fue evaluar la utilización de efluentes urbanos tratados en la producción de brócoli, para ello se trasladaron en un diseño experimental de parcelas divididas, 3 (tres) cultivares F1: Matsuri (C1), Green pia (C2) y Almanor (C3), regados con 2 (dos) calidades de agua: Efluentes Urbanos Tratados (EUT) y Agua de Perforación (AP), mediante riego por goteo subterráneo. A cosecha se evaluó la materia seca (MS) acumulada en hojas, tallo y pella (g. MS planta⁻¹), diámetro de pella (mm), rendimiento de pellas frescas (Mg ha⁻¹) e índice de cosecha de cada cultivar. Para determinar la calidad sanitaria de las pellas se efectuaron análisis microbiológicos y parasitológicos. Los resultados determinaron diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$ según LSD Fisher) en MS acumulada y rendimiento de pellas en C2 y C3 regados con EUT. El diámetro de las pellas presentó diferencias estadísticas en todos los cultivares. El recuento de microorganismos perjudiciales no superó los límites máximos establecidos por el Código Alimentario Argentino, principalmente en *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*, considerados patógenos de riesgo moderado directo y de diseminación, demostrando la factibilidad de utilizar ésta tecnología en la producción de brócoli.

Palabras claves: efluentes urbanos tratados, brócoli, rendimiento, microorganismos.

SUMMARY

In recent years, irrigated agriculture has increased considerably, due to the limited availability of drinking water for the population; using treated wastewater is a viable alternative to satisfy the demand of the resource in agricultural systems. The treatment of urban effluents and their reuse in agriculture can mean not only a contribution of water for irrigation, but also an important source of nutrients for crops. Its application through underground irrigation systems is recommended since it allows locating the resource in the roots of the crops, making more efficient and less risky use of it. The objective of the study was to evaluate the reuse of urban effluents treated in the broccoli production, for this they were transplanted in an experimental design of divided plots, 3 (three) F1 cultivars: Matsuri (C1), Green pia (C2) and Almanor (C3), irrigated with 2 (two) water qualities: Treated Urban Effluents (EUT) and Drilling Water (PA), through underground drip irrigation. The dry matter (DM) accumulated in leaves, stem and pellet (g DM plant^{-1}), pellet diameter (mm), yield of fresh pellets (Mg ha^{-1}) was measured at harvest, and harvest index of each cultivar were evaluated too. To determine the sanitary quality of pellets, microbiological and parasitological analyzes were carried out. The results determined statistical differences ($p \leq 0.05$ according to LSD Fisher) in accumulated MS and pellet yield for C2 and C3 irrigated with EUT. The diameter of pellets showed statistical differences for all the cultivars. The count of harmful microorganisms did not exceed the maximum limits established by the Argentine Food Code, mainly in *Escherichia coli* and *Salmonella* sp., considered pathogens of moderate direct risk and of dissemination, demonstrating the feasibility of using this technology in the production of broccoli.

Key words: treated urban effluents, broccoli, yield, microorganisms.

INTRODUCCIÓN

1. CULTIVO DE BRÓCOLI

1.1 Importancia económica

La familia de las *Brassicáceas* o Crucíferas presenta un gran número de cultivos de interés agrícola ya sea por el área sembrada como por el valor de su producción (Jaramillo y Díaz, 2006). Dentro de esta familia se destaca el género *Brassica* con más de 30 especies silvestres e híbridos, y numerosos cultivares hortícolas, tanto anuales como bienales (Fernández León, 2012). A este género pertenece el brócoli o brócoli (*Brassica oleracea var. itálica*) de gran importancia económica a nivel mundial (Nuez *et al.*, 1999).

Las especies producidas son consumidas en estado fresco, como así también congeladas, o formando parte de productos de cuarta gama o industrializadas en encurtidos, sopas, entre otros (Aprea, 2008).

Debido al incremento en la demanda de Brócoli, en el año 2012 la producción mundial fue 21.266.789 Mg. El 77% de ésta se concentró en dos países de Asia: China Continental con 9.500.000 Mg y la India con 7.000.000 Mg, que destinaron la mayoría de su producción para el consumo interno. Países como Italia, México y Francia produjeron en conjunto, alrededor de 1.150.000 Mg a nivel mundial (MAGAP, 2013).

En el año 2012 las exportaciones mundiales de brócoli fueron de 1.121.184 Mg. Los principales países exportadores de este producto fueron España con aproximadamente 275.000 Mg (el 61,06% lo exportó a Reino Unido, Francia y los Países Bajos), seguido de Francia con alrededor de 157.000 Mg (que vendió el 67,11% a Alemania, Países Bajos y Reino Unido), luego Estados Unidos con 150.000 Mg (el 89,65% del producto lo exportó a Canadá y Japón) (MAGAP, 2013).

Según el Departamento de Agricultura estadounidense, desde 1970 a 1994 el consumo de brócoli ha pasado de 0,7 a 2,5 kg.hab⁻¹.año⁻¹, y el área de producción de 16.649 a 43.384 ha. El brócoli ocupa uno de los 10 lugares más sobresalientes en ventas de ese país y su consumo sigue creciendo (Stoppani y Francescangeli, 2010).

En México, el cultivo de brócoli ha tomado un gran auge debido a su rentabilidad y nuevos hábitos de consumo. En los últimos 30 años la superficie implantada se incrementó en un 13,8%. Actualmente se cultiva una superficie de 214.000 ha con rendimiento que alcanzan las 15 Mg.ha⁻¹ (SFA, 2011).

En Ecuador, entre los años 2000 al 2012 se produjo lo que algunos autores denominaron “la fiebre del oro verde”, impulsado por grandes, medianos y pequeños productores la producción nacional de brócoli aumentó en un 43,79%, debido principalmente a la creciente demanda de este producto y al incremento en los precios a nivel internacional. En el año 2000 se produjeron 48.682 Mg y para el 2012 se incrementó a 70.000 Mg, registrando una tasa de crecimiento promedio anual de 3,85% (Le Gall, 2010; MAGAP, 2013).

En Argentina, el cultivo de brócoli presenta un desarrollo económico creciente, tal es así que en la década de 1980 se consumían 0,5 kg.hab⁻¹.año⁻¹ y para el periodo comprendido entre 1990-1995 los volúmenes de comercialización habían crecido un 265%, lo cual representa alrededor de 2.285 Mg, llegando para el periodo 2004-2005 con 15.155 Mg distribuidas en 1.084 ha considerando la provincia de Buenos Aires (Aprea, 2008).

1.2 Origen de la especie

El brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Itálica* Plenck) es originario de las costas del Mediterráneo y Asia Occidental, existen referencias históricas sobre el cultivo desde antes de la era cristiana. Ha sido popular en Italia desde los días del Imperio Romano. En Francia se cultiva desde el siglo VI, sin embargo, era desconocido en Inglaterra (Sinaluisa Sinaluisa, 2012), donde fue introducido luego del siglo XVIII y de allí habría sido llevado al este de Estados Unidos, país en que las primeras descripciones datan de inicios del siglo XIX (Krarup, 1992).

El origen del nombre proviene del término italiano “broco” que quiere decir brote, en alusión a la parte comestible y apreciada de la planta, que también es conocida vulgarmente como “pella” (Cevallos Ruíz, 2010; MAGAP, 2013).

1.3 Morfología de la especie

El brócoli es una planta herbácea anual que presenta un sistema radicular pivotante, leñoso y poco profundo, las raíces secundarias, terciarias y raicillas se concentran mayoritariamente en los primeros 0,40 a 0,60 m de profundidad (Krarup, 1992; Maroto, 1995).

El tallo principal es corto (0,20 a 0,50 m de alto) y grueso (0,02 a 0,06 m de diámetro) sobre el cual se disponen las hojas en forma helicoidal en entrenudos cortos. Las hojas son pecioladas y grandes (0,50 m de longitud y 0,30 m de ancho) y varían en número de 15 a 30 según los diferentes cultivares. La lámina es de borde ondulado y presenta una característica tonalidad verde-grisácea debido a la presencia de ceras epicuticulares (Krarup, 1992).

La inflorescencia es una masa globosa de yemas hipertrofiadas, y en las axilas de las hojas, pueden desarrollar brotes hipertrofiados de yemas florales de menor tamaño, que aparecen en forma sucesiva y escalonada, generalmente tras el corte del cogollo principal. Estas masas de inflorescencias hipertrofiadas son de color verdoso, grisáceo o morado, con un grado de compactación menor que en coliflor y se denominan vulgarmente “pellas”, las cuales constituyen la parte aprovechable para el consumo (Baron *et al.*, 1997; Di Benedetto, 2005).

Las flores son perfectas, actinomorfas, con cuatro pétalos libres, amarillos, dispuestos en forma de cruz. A pesar de tener flores perfectas, debido a problemas de autoincompatibilidad, la especie presenta polinización cruzada, la que es realizada por insectos, principalmente abejas y moscas. El fruto es una silicua con más de 10 semillas que a su madurez salen libremente al exterior (Krarup, 1992).

1.4 Requerimientos climáticos y edáficos

El cultivo de brócoli requiere climas templados a fríos (Sarli, 1980; SFA, 2011). Es un cultivo primordialmente de zonas altas, su mejor desarrollo y calidad se obtiene por encima de los 1.500 m.s.n.m. (Lardizábal y Theodoracopoulos, 2008), con un intervalo térmico óptimo para un buen desarrollo vegetativo de entre 15,5 y 18,5 °C (Di Benedetto, 2005; Aprea, 2008).

La planta es muy resistente a las heladas, aunque pueden ser afectadas las inflorescencias, produciéndose manchas de color marrón que desmerecen la calidad comercial, al contrario, si las temperaturas son muy elevadas se presentan con anormalidades, menos compactas, descoloridas y con sabor fuerte (Vigliola, 1996). Sin embargo, la sensibilidad de la inflorescencia a las altas temperaturas es variable según los cultivares (Jones *et al.*, 1990) y el estado de desarrollo de la misma (Bjorkman y Pearson, 1995).

Durante el periodo vegetativo, al ser expuestas a altas temperaturas, no presentan ningún daño, pero temperaturas por encima de 26 °C a partir del inicio de la etapa reproductiva, empiezan a presentarse síntomas de daño por calor. En general, el crecimiento de esta especie es muy rápido, a temperaturas por encima de 20 °C durante la formación de la inflorescencia, siendo necesario cosecharlo a tiempo, para evitar la apertura de las yemas florales (Jaramillo y Díaz, 2006).

El brócoli es bastante exigente en suelo, prefiere suelos francos y sueltos con muy buen drenaje ya que tiene un sistema radicular particularmente sensible al exceso de agua. Su pH óptimo está entre 5,5 y 6,5 (Di Benedetto, 2005; Lardizábal y Theodoracopoulos, 2008). Sin

embargo, es interesante considerar que se adapta a suelos con cierta alcalinidad, con pH en el orden de 7,5 a 7,8 (Aprea, 2008).

En cuanto a los requerimientos hídricos para la obtención de rendimientos elevados e inflorescencias de óptima calidad se necesitan no menos de 450 a 900 mm para completar el ciclo del cultivo, a un pH de 5,5-6,5 con una salinidad de 90-155 mmhos, alcalinidad de 3-4,5 %, contenido de cloro de 155-195 ppm (Ecofroz, 1998).

1.5 Nutrición del cultivo

En lo que respecta a los requerimientos nutricionales del cultivo, la extracción de N y K es altamente significativa; según Krarup (1992) para la producción de una tonelada de inflorescencias en peso fresco se requieren 17,3 kg de N; 0,7 kg de P y 22,4 kg de K, considerando que gran parte de los mismos, prácticamente el 80% quedará en los restos de cosecha del cultivo.

La mayoría de los estudios sobre fertilización de brócoli se han centrado en la fertilización nitrogenada, evaluando la cantidad de nitrógeno a aplicar para obtener los máximos rendimientos. En este sentido, Magnifico *et al.* (1979) obtuvieron la máxima producción con 540 kg.ha⁻¹ de nitrógeno aportado, mientras que Greenwood *et al.* (1980) con 400 kg.ha⁻¹ y Kowalenko y Hall (1987) con 250 kg.ha⁻¹.

Por su parte, Rincón *et al.* (1999) determinaron para una producción comercial de 19,2 Mg.ha⁻¹ de inflorescencias, una absorción total de macronutrientes expresadas en kg.ha⁻¹ de 243,9 N; 28,7 P; 240,9 K; 221,3 Ca y 23,0 Mg. La mayor velocidad de absorción de N, P y K se produjo en el período de mayor crecimiento foliar, la de Ca en el período de mayor crecimiento de inflorescencias y la de Mg se mantuvo prácticamente constante durante todo el período de cultivo.

1.6 Valor nutricional

El consumo de verduras aumenta cada vez más en el mundo, en vista que ha crecido la demanda de una alimentación sana (Cifuentes Ochoa, 2014). El brócoli es la hortaliza de mayor valor nutricional por unidad de peso de producto comestible (Krarup, 1992), ya que posee un amplio número de nutrientes esenciales imprescindible para nuestra dieta (Buenaño, 2011).

El brócoli es llamado "la joya de la nutrición" por ser rico en vitaminas y fibra, y pobre en calorías. Posee componentes que incrementan la actividad de enzimas protectoras, que previenen

la formación de algunos tumores cancerosos. Las vitaminas A y C reducen y previenen los daños en las células, que favorecen enfermedades como la artritis, el mal de Alzheimer y diversas cardiopatías. Por su bajo contenido en calorías ayuda a luchar contra la obesidad y todas sus enfermedades asociadas, por su riqueza en beta carotenos contribuye a disminuir los riesgos de ataques cardíacos (Sheldon y Margen, 1992).

El brócoli fresco por cada 100 g de porción comestible contiene: Proteínas 5,45 g, glúcidos 4,86 g, vitamina A 3.500 UI, vitamina B₁ 100 mg, vitamina B₂ 210 mg, vitamina C 118 mg, calcio 130 mg, fósforo 76 mg y hierro 1,3 mg (Di Benedetto, 2005). Tiamina 0,09 mg, Rivoflavina 0,20 mg y Niacina 0,8 mg (Vigliola, 1996).

Estudios epidemiológicos han demostrado que un consumo regular de vegetales de la familia de las *Brassicáceas*, principalmente el brócoli, ayuda a la disminución del riesgo de padecer diferentes tipos de enfermedades cancerígenas. Este efecto beneficioso es atribuido a los compuestos bioactivos o funcionales que posee esta familia de vegetales (Cohen *et al.*, 2000). Estas propiedades favorables para la salud humana, determina que se conozcan a estos productos como nutraceuticos, entendido como tales aquellos que tienen la capacidad de proporcionar beneficios saludables, incluidos la prevención y el tratamiento de enfermedades (Alvridez Morales *et al.*, 2002).

2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

2.1 Utilización de Efluentes Urbanos Tratados

Dos tercios de la superficie de nuestro planeta está cubierta por agua, pero sólo el 2,5% de ella es agua dulce. De esta proporción, el 1,73% pertenece a hielos continentales, pudiéndose deducir entonces que sólo un 0,77% está potencialmente disponible para su uso humano y en agricultura. Sin embargo, si consideramos que el 0,66% está acumulada en acuíferos de difícil acceso, la cantidad de agua dulce efectivamente disponible se reduce a un 0,11% (Migani y Crespi, 2010).

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 (Parra y Arbos, 1997; González González y Rubalcaba, 2011).

En muchos lugares del mundo y en este país, los efluentes urbanos son vertidos directamente al cauce de una cuenca, argumentando que los lechos de los ríos constituyen un excelente dispositivo natural de filtración, sin admitir la contaminación que se está produciendo aguas abajo, no sólo por el impacto en sí misma sino también por la potencia de proliferación de un gran número de enfermedades (Crespi *et al.*, 2009).

En 1950, aproximadamente 150 millones de habitantes en América Latina vivían en ciudades, cifra que se ha incrementado a más de 360 millones a fines del siglo XX (73,6% de su población total), debido a la intensa migración de la población rural. La creciente presión de esta población sobre los recursos agua y suelo, en muchos casos, ha desbordado los esfuerzos de los gobiernos por lograr un crecimiento urbano planificado y ha obligado a atender con prioridad sólo los servicios de agua potable y alcantarillado, dejando rezagados el tratamiento de las aguas residuales y la disposición de los residuos sólidos (Cavallini y Young, 2002).

En algunos países, la actividad agrícola desarrollada en la periferia de las ciudades utiliza aguas residuales para el riego de los cultivos. Entre los principales países se encuentra México con 350.000 ha, Chile con 16.000 ha, Perú con 6.600 ha y Argentina con 3.700 ha, en otras regiones del mundo sobresale China con aproximadamente 1.300.000 ha agrícolas irrigadas (CEPIS, 2002 a).

En países desarrollados como Israel, Australia, Alemania y Estados Unidos, el uso planificado de aguas residuales tratadas es más común. Israel es el país que está a la vanguardia en el uso planificado de aguas residuales, donde se aprovechan más del 65% de las aguas residuales del área metropolitana de Tel Aviv para riego de la región de Dan (Parra y Arbos, 1997). Existen previsiones que indican que un 70 % del agua que demandará la agricultura en el año 2040 va a ser obtenida mediante el tratamiento de efluentes (Lorenzo *et al.*, 2009).

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

De la superficie agrícola total irrigada en países como Argentina, Perú y República Dominicana, el 45,1% corresponde a hortalizas, 29,2% a cultivos industriales y 21,1% a forrajes. También se reporta cultivos de frutales y forestales en menor escala. Podría afirmarse que el uso de aguas residuales en agricultura es una práctica aún incipiente, pero esto no necesariamente significa un rechazo al reúso, sino más bien un limitado conocimiento sobre esta alternativa (Cavallini y Young, 2002).

Por otra parte, además del potencial que ofrecen los efluentes urbanos tratados como oferta de agua para riego, también representan una importante fuente de nutrientes y materia orgánica para los cultivos (González González y Rubalcaba, 2011). La reutilización de efluentes residuales tratados en el riego agrícola, garantiza no sólo una fuente constante y segura de agua aún en años secos, sino también aporte continuo de nutrientes y microelementos para las plantas, ahorro en gastos de fertilización y sobre todo coadyuvar en la eliminación de aguas residuales y la sustentabilidad del sistema (Crespi *et al.*, 2009).

Sin embargo, aunque constituyen un recurso valioso, los efluentes contienen microorganismos 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).

Por tales motivos, el uso de efluentes urbanos deberá considerar la calidad del agua en tres dimensiones: sanitaria, agronómica y ambiental. La calidad sanitaria está determinada por la concentración de parásitos, representado por huevos de helmintos y coliformes fecales, como indicadores de formadoras de colonias de bacterias. La calidad agronómica está relacionada con la cantidad de nutrientes (N, P, K y oligoelementos), elementos tóxicos, salinidad y metales pesados, y por último la calidad ambiental involucra todos los mencionados anteriormente con énfasis en aquellos impactos negativos en los cuerpos receptores (Lorenzo *et al.*, 2009).

2.2 Calidad Sanitaria

Aún lo promisorio del uso alternativo de las aguas residuales luego de su tratamiento, debe considerarse el riesgo que puede estar asociado a la presencia de microorganismos patógenos. Dentro de los principales microorganismos patógenos de humanos que se han encontrado involucrados en estos brotes están las bacterias como *Escherichia coli* 0157:H7 (Ackers *et al.*, 1998; Hilborn *et al.*, 1999), *Salmonella* (Isaacs *et al.*, 2005) y *Listeria monocytogenes* (Lin *et al.*, 2002). Un estudio dirigido a determinar la posible presencia de estas microorganismos patógenos, reside en que existen antecedentes que dan cuenta de la capacidad de los mismos para sobrevivir en los tejidos de las frutas y hortalizas (Ibarra Sanchez *et al.*, 2004; Raj *et al.*, 2005).

Las normas establecidas en los últimos 50 años han sido muy estrictas, basándose en evaluaciones teóricas de los posibles riesgos que para la salud tiene la supervivencia de agentes patógenos en las aguas residuales, el suelo y cultivos, más bien que en pruebas epidemiológicas fehacientes del riesgo real. Estas primeras normas se basaron en un concepto de riesgo nulo, con el fin de lograr un medio aséptico o carente de agentes patógenos. Por ejemplo, las normas del

Departamento de Salud Pública del Estado de California permiten un total de sólo 23 ó 2,2 coliformes por cada 100 mL, según el cultivo regado y el método de riego empleado (CEPIS, 2002 b).

Desde entonces, la OMS, el Banco Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (Canadá), el Centro Internacional de Referencia sobre Evacuación de Desechos (Suiza), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, el Organismo Estadounidense de Protección Ambiental y muchas instituciones académicas de todo el mundo han hecho un magno esfuerzo por establecer una base epidemiológica más racional para las directrices sobre el riego con aguas residuales (CEPIS, 2002 b).

En el informe de Engelberg se recomendaron nuevas directrices que contienen normas menos estrictas para los coliformes fecales. Sin embargo, son más estrictas para los huevos de helmintos (de las especies *Ascaris*, *Trichuris* y *Anquilostomas*) que, según se reconoció, constituyen el mayor riesgo real para la salud humana proveniente del riego con aguas residuales en las zonas donde las helmintiasis son endémicas, como es el caso de muchos países en desarrollo (CEPIS, 2002 b; Lorenzo *et al.*, 2009).

Por tanto, no es razonable ni lógico mantener las antiguas directrices sobre el riego con aguas residuales semejantes a las establecidas para el agua potable, cuando las autoridades sanitarias consideran aceptables para riego las aguas naturales de los ríos y las domésticas, con concentraciones de coliformes fecales en muchos casos superiores a 1000 por cada 100 mL (Lorenzo *et al.*, 2009).

De acuerdo a las recomendaciones y conclusiones de múltiples estudios y reuniones de expertos, así como en la disponibilidad real de tecnologías por los países subdesarrollados, la OMS reafirmó en el año 2006 las directrices que habían sido recomendadas en 1989, determinando límites \leq a 1 huevo de nemátodos intestinales por cada litro de agua residual y para coliformes fecales \leq de 100 UFC por cada 100 mL de agua residual utilizada para riego en frutas y hortalizas crudas (Hespanhol y Prost, 1994).

En Argentina, el control de calidad de las aguas residuales para reúso en la agricultura se realiza sobre la base de las Directrices de Engerlberg y las recomendaciones de Organización Panamericana de la Salud (OPS). Para cuyo cumplimiento se han realizado actividades de capacitación sobre la aplicación del reúso, la forma de adaptarlo a las realidades locales y sobre las tecnologías de tratamiento más adecuadas para el cumplimiento de las guías de calidad (Calcagno *et al.*, 2000).

Las principales experiencias en la reutilización de aguas residuales tratadas se presentan en la Provincia de Mendoza, que lo aplica para riego agrícola de 15.000 hectáreas (Campo Espejo, Palmira, Rivadavia y San Martín), en las localidades de Puerto Madryn, Rada Tilly y Comodoro Rivadavia, en la Provincia del Chubut con fines forestales, y en Villa Nueva, en la Provincia de Córdoba, destino al riego hortícola, florícola y forestal (Calcagno *et al.*, 2000).

En trabajos locales realizados con cultivares de ajo “blanco” y “morado” los que fueron regados con dos calidades de agua, efluentes urbanos tratados y agua de perforación, no se encontraron diferencias entre ambos tipos de calidades de agua para producción (kg.ha⁻¹), el peso y calibre de los bulbos. Tampoco se modificó la proporción de anomalías en la bulbificación. Además, en este trabajo los bulbos de ajo regados con el efluente resultaron seguros para la salud humana, al no haberse detectado contaminación por *Escherichia coli* y *Salmonella sp.* (Grosso *et al.*, 2004; Grosso *et al.*, 2005 y Crespi *et al.*, 2005).

2.3 Calidad agronómica

Respecto a la composición típica de las aguas residuales, es importante tener presente en general, que contienen 99,9% de agua y sólo 0,1 % corresponde a la fracción sólida; de los cuales, aproximadamente el 70% son orgánicos como proteínas y grasas, y el resto son compuestos inorgánicos como arcillas y arenas (Cortez Cadiz, 2003).

Los efluentes urbanos tratados pueden aportar nutrientes en cantidades suficiente como para reducir o eliminar la necesidad de fertilizar, además de agregar materia orgánica como acondicionador de suelo. La concentración de nutrientes de las aguas residuales tratadas varía entre 10 a 100 mg.L⁻¹ de N, de 5 a 25 mg.L⁻¹ de P y 10 a 40 mg.L⁻¹ de K (Silva *et al.*, 2008).

El uso en la agricultura de efluentes tratados además de aportar nutrientes para el desarrollo de los cultivos, preserva la fertilidad y 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).

En cuanto al uso agrícola de aguas residuales tratadas se puede mencionar el aumento de rendimientos debido a los nutrientes que aportan. En México, el rendimiento de tomates regados con agua residual fue de 35 Mg.ha⁻¹ contra 18 Mg.ha⁻¹ regado con agua limpia. En Perú, la papa regada con efluentes de lagunas de estabilización secundaria rindió 45 Mg.ha⁻¹ mientras que la regada con agua limpia solo rindió 12 Mg.ha⁻¹ (Sáenz Forero, 2006).

En cultivo del ajo, el riego con efluentes se comportó como una fertilización nitrogenada aumentando los rendimientos por ha en un 15% y los calibres de los bulbos en un 9% y sin afectar la calidad comercial del ajo (Fasciolo, *et al.*, 2002). Además, estos mismos autores 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 del suelo.

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

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

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

En un trabajo Realizado en el Campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” en Buenavista, Saltillo, Coahuila (México), el rendimiento del cultivo de brócoli regado con agua residual fue bueno por su alto contenido de materia orgánica y aporte de algunos nutrientes, así como se pudieron observar plantas de alto vigor, buen tamaño y apariencia, como consecuencia del contenido orgánico de estas aguas, como se observa y se comparan los datos con el tratamiento de agua limpia, donde se utilizó agua de pozo profundo, mostrando bajo rendimiento en comparación con el de aguas residuales, (García Peña *et al.*, 2004).

De acuerdo a todo lo expuesto precedentemente, resulta de interés la profundización de investigaciones tendientes a lograr mayor conocimiento respecto a la reutilización de efluentes urbanos tratados y su efecto sobre el rendimiento y la calidad sanitaria de brócoli.

HIPÓTESIS

El riego por goteo subterráneo con efluentes urbanos tratados incrementará la producción de los cultivares de brócoli con una adecuada calidad sanitaria para el consumo en fresco.

OBJETIVO GENERAL

- Determinar el efecto del riego con efluentes urbanos tratados sobre el rendimiento y la calidad sanitaria de diferentes cultivares de brócoli.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la evolución del agua en el suelo en los distintos tratamientos.
- Determinar la partición de asimilados en hojas, tallo y pella para cada tratamiento.
- Evaluar diámetro de pellas frescas (mm) de cada tratamiento.
- Determinar el rendimiento total (Mg ha^{-1}) e índice de cosecha para cada tratamiento.
- Evaluar al momento de la cosecha de las pellas el recuento de coliformes totales y fecales, *Escherichia coli* y *Salmonella* sp en cada uno de los tratamientos.
- Evaluar la presencia de parásitos perjudiciales como céstodos, nemátodos y ooquistes en cada uno de los tratamientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Caracterización del sitio experimental

Los experimentos se realizaron en la Planta Piloto de Tratamientos y Reutilización de Efluentes Urbanos ubicado en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto (33° 06' 94'' Sur, 64° 18' 75'' Oeste; 425 m.s.n.m.) departamento de Río Cuarto, provincia de Córdoba, Argentina. La Planta posee una capacidad para tratar un caudal de 25.000 L.día⁻¹ de efluentes urbanos generados por un complejo habitacional estudiantil de 208 habitantes.

1.1 Características de la región

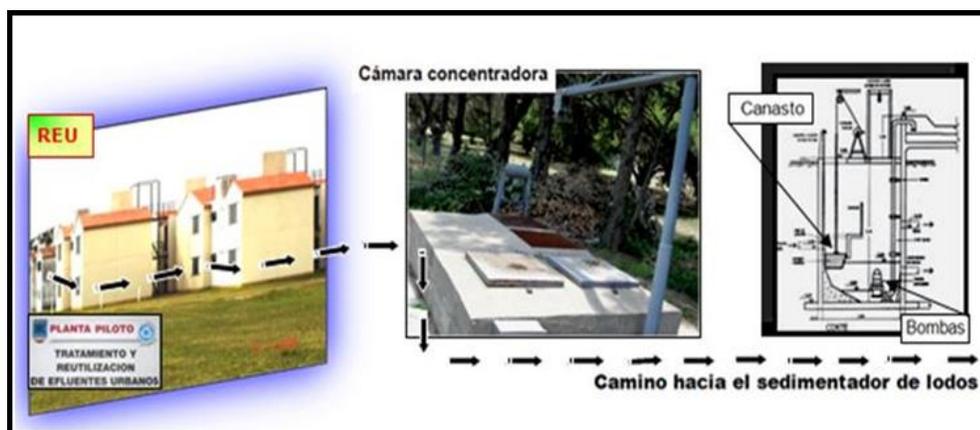
Esta región presenta un régimen de precipitaciones de tipo monzónico. La precipitación media anual varía entre 550 y más de 900 mm. La precipitación media de los últimos 20 años en Río Cuarto fue de 801 mm, los meses de mayor precipitación son diciembre y enero, con 130 mm.mes⁻¹, mientras que para junio 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 Septiembre a mediados de Mayo (ADESUR, 1999).

1.2. Planta Piloto de Tratamiento de Efluentes Urbanos

1.2.1 Recolección del efluente urbano

La recolección del efluente crudo proveniente del complejo de Residencias Estudiantiles Universitarias (REU) se realizó mediante una red domiciliaria que los conduce a través de una tubería de PVC tipo K4 de 160 mm de diámetro con una pendiente proyecto de 1,5% y se descargó en una cámara receptora de cemento de 1,5 m de ancho por 2,5 m de largo por 5 m de profundidad donde comienza la etapa de pre-tratamiento, 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 filtro de material grueso, y luego vierte por gravedad a un canasto de acero inoxidable de 0,075 m³ cubierto de perforaciones que actúa como segundo

filtro para retener material grueso remanente del filtrado anterior, semanalmente se retira el canasto para su limpieza (Crespi *et al*, 2012). Imágen 1.



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

Los efluentes son enviados desde la cámara receptora, por medio de bombas que operan alternativamente en forma automática, cada vez que se almacena un volumen de 3000 l, a través de una tubería de PVC hacia un tanque sedimentador de lodos que posee una capacidad de 10.000 l, y cuya función es concentrar el efluente urbano derivado y permitir la deposición de los sólidos contenidos en el efluente en forma de lodos en la parte inferior del tanque. En el cuadro 1 se muestra la composición físico-química del efluente urbano crudo que fue sometido al tratamiento para su posterior reutilización en riego.

Cuadro 1. Determinaciones analíticas del efluente urbano crudo. U.N.R.C. Río Cuarto.

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

1.2.2 Tratamiento primario y secundario del efluente urbano

En la parte superior del tanque sedimentador se genera un líquido sobrenadante que se deriva a una primera laguna facultativa con presencia de macrófitas acuáticas flotantes (*Lemnas sp*), en la que permanecen los efluentes durante un Tiempo de Residencia Hidráulico (TRH) de 13 días produciéndose una remoción del 97% de las coliformes fecales y un 73% de coliformes totales. Una vez transcurrido ese tiempo son derivados a una segunda laguna, también con

macrófitas, y con un TRH de 13 días más se produce una remoción del 100% de coliformes fecales, quedando un remanente de coliformes totales de 4×10^5 NMP por cada 100 ml de efluente urbano tratado. Posteriormente, los efluentes son derivados a una laguna de maduración que consiste en un tanque de fibrocemento de 158.000 l y de poca profundidad, su función es reducir aún más la presencia de patógenos a través de la exposición a la radiación UV generada naturalmente por el sol. Cuando la radiación UV penetra las paredes de las células de un organismo, ésta destruye su capacidad de reproducción. Imágen 2.



Imágen 2. 1° y 2° laguna con macrófitas. Planta Piloto UNRC

Finalmente, el efluente urbano tratado se condujo al sitio experimental para su utilización como fuente de agua para riego y nutrientes aplicado mediante un sistema de riego por goteo subterráneo. Las determinaciones analíticas del efluente urbano tratado (EUT) y el agua de perforación (AP) se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Determinaciones analíticas del Efluente Urbano Tratado y Agua de Perforación. Planta Piloto UNRC.

Determinación	Unidad	Efluente Urbano	
		Tratado	Agua de Perforación
Nitrógeno total	mg L ⁻¹	108,5	nd□
Fósforo total	mg L ⁻¹	8,1	nd□
Potasio	mg L ⁻¹	16,0	19,5
Calcio	mg L ⁻¹	50,0	40,0
Magnesio	mg L ⁻¹	11,6	2,9
Sulfatos	mg L ⁻¹	14,5	16,6
Cloruros	mg L ⁻¹	138,0	8,5
C.E.	dS m ⁻¹	1,1	0,4
pH		7,8	7,4
RAS		7,3	0,6

□ nd: no detectado

2. Sitio experimental

2.1 Preparación del terreno e instalación del equipo de riego

La preparación del sitio experimental se efectuó en forma mecánica utilizando una rastra de discos de doble acción y se niveló manualmente con el uso de azadas, con el objetivo de asegurar un terreno desterronado, libre de malezas y rastros.

Una vez preparado el terreno se procedió al establecimiento del equipo de riego, a los fines de reducir el riesgo de una posible contaminación microbológica, se utilizó un sistema de riego por goteo subterráneo, el cual constó de un cabezal (centro de control) compuesto por un equipo electrobomba de 10.200 l.h^{-1} que extrae los efluentes tratados de un tanque de fibrocemento de 158.000 L con sus respectivas llaves de admisión e impulsión, mientras que el agua limpia se extrajo de una perforación con una bomba sumergible de 10.000 l.h^{-1} . El agua de perforación y los efluentes se condujeron a través de una tubería de PVC, Clase S de 50 m de longitud y 40 mm de diámetro hasta el sitio experimental, donde se ubicaron filtros de malla y anillas de $2''$, un manómetro de 4 kg.cm^{-2} y una llave globo de $1''$.

En las parcelas de ensayo, se instaló a una profundidad de 22 cm una red mallada de tuberías de PVC K6, Clase S de 50 mm de diámetro y se insertaron a un espaciamiento de $0,60 \text{ m}$ los conectores tipo gromet y líneas portagoteros de PE de 12 mm de diámetro, con emisores tipo laberinto autocompensantes de flujo turbulento y con una descarga de 1 L.h^{-1} . En una de las esquinas del lote (aguas abajo) se instaló una "T" con salida a superficie, un manómetro y una llave para realizar actividades de mantenimiento, como flushing (lavado) y verificación del comportamiento hidráulico de la instalación.

El mecanismo de protección de los emisores para evitar obturaciones e introducción de raíces al sistema se realizó utilizando una tela de fibra no tejida, conocida comercialmente como manta elástica, que tiene una densidad de 30 g.m^{-2} , compuesta por un 60% de fibra de poliéster y rayón virgen, y 40% de ligante, que es una emulsión acrílica en base acuosa. Para su instalación se cortaron paños rectangulares de $0,10 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$ y se enrollaron frente a cada emisor sujetándolo con un precinto plástico (Crespi, 2003). Imágen 3.



Imágen 3. Instalación del equipo de riego por goteo subterráneo. Planta Piloto UNRC.

2.2 Producción de los plantines e implantación del cultivo

Para todos los experimentos los plantines se produjeron mediante la siembra de las semillas en bandejas de germinación de poliestireno de 200 celdas ($13 \text{ cm}^3 \cdot \text{celda}^{-1}$). Posteriormente las bandejas se trasladaron a un invernadero de policarbonato con atmósfera controlada ubicado en el Campo de Docencia y Experimentación de la U.N.R.C. para la etapa de crecimiento de los plantines hasta el momento del transplante, el cual se realizó una vez que los mismos alcanzaron entre 4 a 6 hojas verdaderas.

La plantación del cultivo a campo se realizó a una densidad de $4 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$ y en un marco de plantación de 0,50 m entre hileras y 0,50 m entre plantas. Previo a la plantación se realizaron análisis de suelo en el sitio, tomando dos muestras compuestas en un intervalo de 0-0,10 y 0,10-0,20 m, determinando: N- NO_3 ; NO_3 ; P; materia orgánica y pH.

Para determinar el momento de riego se midió la humedad de suelo en forma gravimétrica, y la programación del riego se definió evitando que el contenido de humedad sea inferior a un umbral de 60% del agua útil. Se aplicó una misma lámina de riego para ambas calidades de agua con una eficiencia de aplicación del 95%.

2.3 Tratamientos y Diseño Experimental

Los tratamientos resultaron de la combinación de 3 (tres) cultivares de brócoli de similar ciclo de madurez y 2 (dos) fuentes de riego: 1)- riego con efluentes urbanos tratados (EUT) y 2)- riego con agua de perforación (AP).

- Cultivar Matsuri regado con efluentes urbanos tratados (C1 – EUT).
- Cultivar Greenpia regado con efluentes urbanos tratados (C2 – EUT).
- Cultivar Almanor regado con efluentes urbanos tratados (C3 – EUT).
- Cultivar Matsuri regado con agua de perforación (C1 – AP).
- Cultivar Greenpia regado con agua de perforación (C2 – AP).
- Cultivar Almanor regado con agua de perforación (C3 – AP).

El diseño experimental se llevó a cabo en parcelas divididas con 6 tratamientos y 5 repeticiones. La superficie de las parcelas fue de 5,4m², que resultaron de incluir tres líneas de brócoli de 3 m de extensión y 18 plantas por subparcela. La unidad de muestreo fueron las plantas centrales de la línea intermedia con una superficie de 1,2 m². Imágen 4.

Bloques	I	II	III	IV	V
	C3	C1	C2	C3	C1
	C2	C2	C3	C2	C2
	C1	C3	C1	C1	C3
	C3	C1	C2	C3	C1
	C2	C2	C3	C2	C2
	C1	C3	C1	C1	C3

Riego con Agua Limpia
 Riego con Efluentes Urbanos Tratados

Imágen 4. Esquema del diseño experimental en parcelas divididas del experimento a campo.

La cosecha se realizó cuando las pellas o cabezas alcanzaron la madurez de consumo, este momento se definió cuando presentaron un color verde uniforme y bien compactas, sin apertura de las estructuras florales.

Al momento de la cosecha se procedió a determinar la partición de asimilados en hojas, tallo y pella (g. MS planta⁻¹), diámetro de pella (mm), diámetro de pedúnculo (mm) y rendimiento comercial de pellas frescas (Mg.ha⁻¹).

2.4 Determinación de Calidad Sanitaria

Para evaluar la calidad sanitaria de las pellas se procedió a cuantificar la presencia de Coliformes totales, Coliformes fecales y *Escherichia coli* utilizando el método ISO 16649-2:2001 (modificado). Para la determinación de *Salmonella* sp se empleó el método ISO 6579:2002. Los estudios microbiológicos fueron realizados en el laboratorio bromatológico “Dr. Guillermo Montes” del Mercado de Abasto de la ciudad de Río Cuarto.

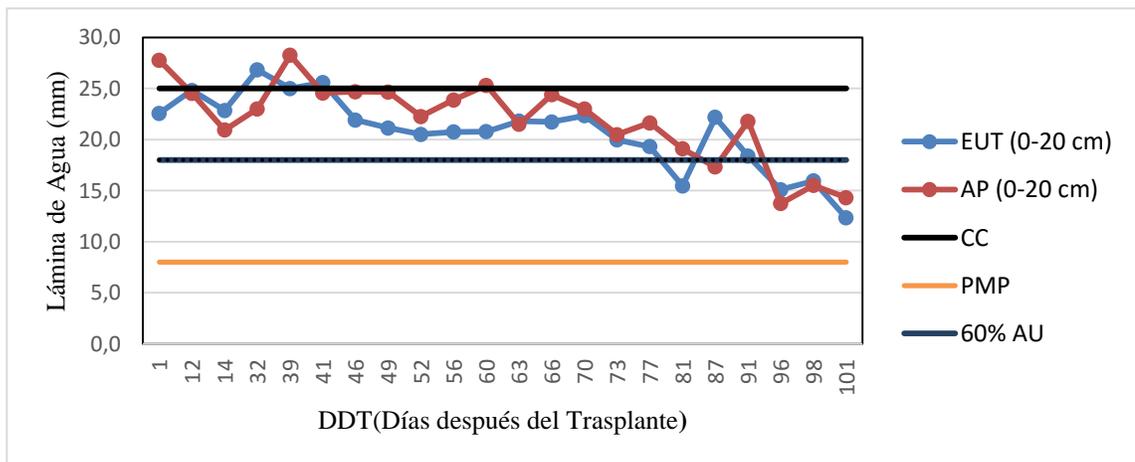
Para la cuantificación de parásitos perjudiciales se evaluó la presencia de larvas y estructuras parasitarias mediante la técnica de Mwegoha y Jorgensen, (1977) y la presencia de céstodos, nemátodos y ooquistes mediante la técnica de Teuscher, (1965). Las determinaciones fueron realizadas en el laboratorio de Parasitología, Departamento de Parasitología Animal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

Todos los datos obtenidos se analizaron estadísticamente con el programa Infostat, aplicando análisis de varianza (ANAVA) y análisis de comparación de medias con el test LSD Fisher ($p < 0,05$), (Di Rienzo et al., 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.1 Riego por goteo subterráneo con EUT y AP

La lámina de agua entregada fue de 340 mm distribuida en 37 riegos, los volúmenes fueron iguales para ambas calidades de agua. El aporte realizado por las precipitaciones fue escaso (108 mm) determinando una lámina de agua total de 448 mm. En la Imágen 5 se muestra la evolución de la humedad de suelo (mm) de las parcelas regadas con efluentes urbanos tratados y agua de perforación a una profundidad de 0-20 cm.



Imágen 5. Evolución de la humedad de suelo en las parcelas regadas con EUT y AP a una profundidad de 0-20 cm Planta Piloto. UNRC (CC: Capacidad de Campo; PMP: Punto de Marchitez Permanente; AU: Agua Útil).

Los cultivares regados con EUT recibieron un importante aporte de macronutrientes (N, P y K) durante el ciclo, considerando la composición físico-química de los mismos, se aplicaron $74,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N; $5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P y $38,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K.

Si bien las demandas nutricionales pueden ser muy variables según el cultivar, condiciones climáticas y edáficas de cada sitio de producción (Jaramillo y Díaz, 2006), los aportes de nutrientes mediante el reciclaje de EUT contribuyen en gran medida a reducir la aplicación de fertilizantes de síntesis química. Existen muchos estudios sobre fertilización en brócoli, algunos autores recomiendan aplicar dosis de 145 , 57 y $225 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, P_2O_5 y K_2O para lograr un rendimiento fresco de pellas de $16,3 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Lardizábal y Theodoracopoulos, 2008), otros plantean requerimientos de 90 de N, 34 de P_2O_5 y 84 de K_2O para un rendimiento de $20 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Jaramillo y Díaz, 2006). La utilización de EUT puede plantearse como una

estrategia complementaria para resolver problemas de fertilización, aporte hídrico y sobretodo contaminación ambiental.

1.2 Partición de asimilados, diámetro de pella, rendimiento e Índice de cosecha

En el Cuadro 3 se muestra la materia seca (MS) acumulada en hojas, tallo y pella, diámetro de pella, diámetro de pedúnculo y rendimiento total de los cultivares de brócoli. Los resultados determinaron que la MS total acumulada en cada cultivar aumentó cuando se regaron con EUT. No obstante, estas diferencias fueron solo significativas para el cultivar C2 y C3, siendo éste último aquel que manifestó la mayor respuesta con un incremento de 11,5% superior al regado con AP en MS total. En todos los cultivares el principal componente en la partición de MS fue en hojas, seguido de la pella y tallo. En el cultivar C1 no se diferenció la partición de asimilados, las plantas presentaron un desarrollo foliar y tamaño de pella similar entre ambas calidades de agua. La variable diámetro de pella respondió positivamente al riego con EUT con incrementos de 8,1 (C1), 10,0 (C2) y 19,2 mm (C3), diferenciándose significativamente en todos los cultivares. El aporte de nutrientes a través de los EUT lograron aumentar el rendimiento comercial de pellas frescas en el orden de 33 y 20% para los cultivares C2 y C3. No respondiendo el cultivar C1 al riego con EUT. El índice de cosecha no se diferenció estadísticamente entre los cultivares regados con EUT y AP.

Cuadro 3. Promedio de MS acumulada en hojas, tallo y pella (g. MS planta⁻¹), diámetro de pella (mm), rendimiento comercial (Mg.ha⁻¹) e índice de cosecha según cultivares de brócoli y calidad de agua. Planta Piloto UNRC.

Cultivar	Calidad de agua	Hojas	Tallo (g. MS planta⁻¹)	Pella	Total	Diámetro de pella (mm)	Rto comercial (Mg.ha⁻¹)	Índice de cosecha
C1	EUT	64,1 a	20,2 a	31,5 a	115,8 a	134,4 a	12,43 a	32,7 a
	AP	65,1 a	18,1 a	29,3 a	112,5 a	126,3 b	11,36 a	34,0 a
C2	EUT	80,0 a	21,9 a	42,4 a	144,5 a	166,1 a	16,38 a	26,5 a
	AP	78,7 a	22,1 a	32,7 b	133,5 b	146,9 b	12,24 b	28,5 a
C3	EUT	98,6 a	30,5 a	38,2 a	167,3 a	154,4 a	14,73 a	34,0 a
	AP	89,9 a	27,2 b	32,9 b	150,0 b	147,9 b	12,22 b	34,9 a

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

Los valores de rendimiento comercial ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) obtenidos en el presente estudio se corresponden con rendimientos adecuados para la producción de brócoli en la región central de Argentina. (Vigliola, 1996).

1.3 Análisis microbiológicos y parasitológicos

En el cuadro 4 se resumen los resultados de los análisis microbiológicos y parasitológicos realizados sobre las pellas frescas de brócoli al momento de la cosecha de los cultivares.

Cuadro 4. Recuento de microorganismos en pellas frescas de brócoli a cosecha. Planta Piloto UNRC.

Determinación	Unidad (*)	Resultado	Límite Máximo (**)	Método empleado
Recuento de Coliformes Totales	UFC g^{-1}	$1,3 \times 10^5$	N/E	método ISO 16649-2:2001 (modificado)
Recuento de Coliformes Fecales	Mo g^{-1}	< 10	N/E	
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	Mo g^{-1}	< 10	10	
Recuento de <i>Salmonella sp</i>	A/P	Ausencia	Ausencia en 25g.	método ISO 6579:2002
Larvas parasitarias infestantes	A/P	Ausencia	N/E	Mwegoha y Jorgensen, (1977)
Huevos de céstodos, nemátodos y ooquistes	A/P	Ausencia	N/E	Teuscher (1965)

(*)UFC g^{-1} : Unidades Formadoras de Colonia por gramo de muestra; Mo g^{-1} : Microorganismos por gramo de muestra; A/P: Ausencia/Presencia.(**) Límite máximo establecido para Alimentos Vegetales en el Código Alimentario Argentino. N/E: No establece.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que el recuento de microorganismos perjudiciales no superó los límites máximos establecidos por el Código Alimentario Argentino, principalmente en *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*, considerados patógenos de riesgo moderado directo y de diseminación. Además, no se detectaron larvas y estructuras parasitarias infectantes, huevos de céstodos, nemátodos y ooquistes que pudieran afectar la salud humana en coincidencia con lo obtenido por Beneduce *et al.*, (2017). Las pellas fueron aptas para su consumo directo en fresco. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que sugieren que el riego con efluentes tratados no implican necesariamente la contaminación de los cultivos (Vergine *et al.*, 2017). Posiblemente, el sistema de riego por goteo subterráneo utilizado contribuyó a la obtención de estos resultados, evitando el contacto directo del agua con el cultivo.

CONCLUSIONES

- El tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de maduración y su aplicación a través de un sistema de riego por goteo subterráneo permitió aumentar el rendimiento en cultivares de brócoli, logrando un producto final con adecuada calidad sanitaria y apto para su consumo en fresco.
- El estudio demostró la factibilidad de poder transformar un residuo en un recurso útil para aportar agua y nutrientes en sistemas intensivos. Sin embargo, resulta de interés profundizar las investigaciones orientadas a evaluar usos alternativos de las aguas residuales tratadas en la producción agrícola, y con mayor énfasis en sistemas hortícolas, ya que éstos se encuentran próximos a las zonas urbanas, donde existe una mayor producción de efluentes y el agua dulce debe priorizarse para el abastecimiento público.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ACKERS, M.L.; MAHON, B. E.; LEÍA, E.; GOODE, B.; DAMROW, T.; HAYES, P. S.; VIV, W. F.; RICE, D. H.; BARRETT, T. J.; HUTWAGNER, L.; GRIFFIN, P. M. y L. SLUTSKER. 1998. An outbreak of *Escherichia coli* 0157:H7 infections associated with leaf lettuce consumption. *Journal of Infectious Diseases* 177: 1588-1593.
- ADESUR. 1999. Asociación interinstitucional para El sur de Córdoba. Plan director. Secretaría técnica de Adesur. Universidad Nacional de Río Cuarto. Pág. 99. Córdoba. Argentina.
- ALVÍDREZ-MORALES, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, B. E. y Z. JIMÉNEZ-SALAS. 2002. Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. *Revista Salud Pública y Nutrición*. Vol. 3. N°3.
- APREA, A. 2008. Cultivo de crucíferas: Brócoli y coliflor. *Boletín Hortícola de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales*. Año 13, N° 39: 29-32 UNLP.
- BARON, C.; MARADEI, F. E. y C. A. BARÉS. 1997. Manejo poscosecha de brócoli. *Boletín Hortícola*, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, 5(15), 37-41.
- BENEDUCE, L.; GATTA, G.; BEVILACQUA, A.; LIBUTTI, A.; TARANTINO, E.; BELLUCCI, M. y SPANO, G. 2017. Impact of the reusing of food manufacturing wastewater for irrigation in a closed system on the microbiological quality of the food crops. *International Journal of Food Microbiology*, 260: 51-58.
- BJORKMAN, T. y K. PEARSON. 1995. Sensitivity of broccoli inflorescence development to high temperature. *HortScience*, 30(4), 885-885.
- BUENAÑO, C. E. A. 2011. Aprovechamiento de las propiedades nutritivas del brócoli (*Brassicaoleracea*) para generar un aporte nutricional en pastas alimenticias de tipo precocido a partir del extracto vegetal. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador. En: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/841/AL453%20Ref.%203347.pdf?sequence=1>. Consultado: 13-03-2015.
- CALCAGNO, A.; NOVILLO, M. G. y N. MENDIBURO. 2000. Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina. Comité Asesor Técnico de América del Sur (SAMTAC), Global WaterPartnership (GWP). En: http://cap-net-esp.org/document/document/120/S6_-_Gestion_del_Agua_en_Argentina.pdf Consultado: 23-08-2015.

- CAVALLINI, J. M. y L. E. YOUNG. 2002. Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: Realidad y Potencial. América, 36, 360-589.
- CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS). 2002 a. Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial. Resumen ejecutivo. IDRC – OPS/CEPIS. En: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsaar/e/proyecto/proyecto.html>. Consultado: 12-03-2015
- CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. (CEPIS). 2002 b. Medidas de protección sanitaria en el aprovechamiento de aguas residuales. Directrices sobre la calidad de los efluentes empleados en la agricultura. En: <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind57/mps/mpsaar.html> Consultado: 12-03-2015.
- CEVALLOS RUIZ, M. G. 2010. Proyecto de pre-factibilidad para la exportación de brócoli al mercado noruego período 2010-2019. Tesis de grado. Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad De Ciencias Económicas y Negocios, Escuela de Comercio Exterior, Integración y Aduanas. Quito. Ecuador.
- CIFUENTES OCHOA, A. 2014. Evaluación de tres niveles de fertirrigación en el rendimiento del cultivo orgánico de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*. cv. Mónaco). Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba, Ecuador. En: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3593>. Consultado: 19-03-2015.
- COHEN, J.H., KRISTAL, A. R. y J. L. STANFORD. 2000. Fruit and vegetable intakes and prostate cancer. Journal of the National Cancer Institute, 92, 61-68.
- 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. 2003. Riego subterráneo con aguas residuales tratadas. Tesis Doctoral. 176 pág. Universidad de Córdoba. España.
- CRESPI, R. 2005. Reutilización de aguas residuales en la producción agrícola. Rev. Hydria, Año I. N° 3. Buenos Aires, Argentina.
- CRESPI, R.; RODRÍGUEZ, C.; PLEVICH, O.; GROSSO, L.; BOSSOLASCO, M.; FRIGERIO, C.; BETTERA, S.; THUAR, A.; BOEHLER, J.; PUIATTI, J.; BAROTTO, O.; DEMAESTRI, M.; RICOTTO, A.; RAMOS, D. y D. PICCA. 2005. Tratamiento y

- reutilización de aguas residuales domiciliarias. XX Congreso Nacional del Agua. III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur. Mendoza, Argentina. Pp. 76.
- CRESPI, R.; CAMACHO, E. y POLO, J.M. 2009. Riego subsuperficial con aguas residuales tratadas. En: Ingeniería del agua, Vol.: 16, Nº: 2. Fundación para el fomento de la ingeniería del agua. ISSN: 1134 – 2196. Pp: 145 – 155.
- CRESPI, R.; PUGLIESE, M.; GROSSO, L.; RAMOS, D.; SALUSSO, F.; SOLER, E.; SOLTERMAN, A.; SANCHEZ, A.; RAINERO, F.; SILVA, D. 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.
- DI BENEDETTO, A. 2005. Manejo de cultivos hortícolas: Bases ecofisiológicas y tecnológicas. 1^{ed}. Orientación gráfica editora. Buenos Aires.
- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M. G., GONZALEZ L., TABLADA M. y C. W. ROBLEDO 2014. InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- ECOFROZ. 1998. Cultivo de Brócoli. Requerimientos ambientales. Quito, Ecuador. 6p. Citado en: SINALUISA, L. M. 2011. Evaluación de la eficacia de ocho mezclas de Fertilizantes Inorgánicos en el rendimiento y rentabilidad del cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) en la comunidad Gatazo Zambrano provincia Chimborazo. Tesis de grado. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba, Ecuador.
- ESTELLER, M. V. 2002. Vulnerabilidad de los acuíferos frente al uso de aguas residuales y lodos en la agricultura. Revista Latino-americana de Hidrogeología. Nº 2. Toluca, México. pp. 103 - 113.
- FASCIOLO, G. E.; GABRIEL, E.; TOSI, F. 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. Nº 1. Mendoza, Argentina. Pp 31 - 40.
- FERNÁNDEZ LEÓN, M. F. 2012. Evolución de los parámetros de calidad físico-química y funcional de distintas brásicas sometidas a diferentes tratamientos postcosecha (Disertación Doctoral, Universidad de Extremadura).

- GARCIA PEÑA, M.I., BOLIVAR DUARTE, M., CORTES BRACHO, J., BURCIAGA VERA, A. 2004. Efecto del agua residual en el cultivo de Brócoli. Invest. URI: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5518>
- GONZÁLEZ GONZÁLEZ, M. I. y S. C. RUBALCABA. 2011. Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura. Revista cubana de salud publica, 37(1), 0-0.
- GREENWOOD D.J., CLEAVER T.J., TURNER M.K., HUNT J., NIENFORD K.B. y S. M. H. LOQUENS. 1980. Comparison of the effects of nitrogen fertilizer on the yield, nitrogen content and quality of 21 different vegetable and agricultural crops. J. Agric. Sci., 95, 471-485. Citado en: RINCÓN, L.; SÁEZ, J.; PEREZ, J. A.; GOMEZ, M. D.; y C. PELLICER. 1999. Crecimiento y absorción de nutrientes del brócoli. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg, 14, 225-236.
- GROSSO, L.; D. RAMOS; V. BRIZUELA; M. RODRÍGUEZ; L. PENA y R. CRESPI. 2005. Cultivares de ajo (*Allium sativum* L.) regados con efluentes urbanostratados. Rev. Asociación Argentina de Horticultura. Vol. 24. Nº 56/57. General Roca, Río Negro. Pp 114.
- GROSSO, L.; RICOTTO, A.; RAMOS, D.; THUAR, A.; GIACHERO, M. L y R. CRESPI. 2004. Efectos del riego con efluente urbanos tratados e inoculados con *Azospirillum brasilense* en ajo (*Allium sativum* L). XXVII Congreso Argentino de Horticultura; VI Reunión Científica de la Cebolla del Mercosur; I Jornadas de Productos Frutihortícolas para una Alimentación Saludable, Villa de Merlo. Universidad Nacional de San Luis. Pp 51-51.
- HESPANHOL, I. y A. M. E. PROST. 1994. WHO guidelines and national standards for reuse and water quality. Water Research, 28(1), 119-124.
- HILBORN, E. D.; MERMIN, J. H.; MSHAR, P. A.; HADLER, J. L.; VOETSCH, A.; WOJTKUNSKI, C.; SWARTZ, M.; MSHAR, R.; LAMBERT, F. M.; FARRAR, J. A.; GLYNN, M. K. y L. SLUTSKER. 1999. A multistate outbreak of *Escherichia coli* 0157:H7 infections associated with consumption of mesclun lettuce. Archives of Internal Medicine 159: 1758-1764.
- IBARRA-SÁNCHEZ, L.S.; ALVARADO-CASILLAS, S.; RODRÍGUEZ-GARCIA, M. O.; MARTINEZ-GONZALES, N. E. y A. CASTILLO. 2004. Internalization of bacterial pathogens in tomatoes and their control by selected chemicals. Journal of Food Protection 67: 1353-1358.

- ISAACS, S.; ARAMINI, J.; CEIBIN, B.; FARRAR, J.; AHMED, R.; MIDDLETON, D.; HOWES, H.; CHAN, E.; CHANDRAN, A. U.; HARRIS, L. J.; PICHETTE, S.; CAMPBELL, K.; GUPTA, A.; LIOR, L. Y.; PEARCE, M.; CLARK, C.; RODGERS, F.; JAMEISON, F.; BROPHY, I. y A. ELLIS. 2005. An international outbreak of salmonellosis associated with raw almonds contaminated with a rare phage type of *Salmonella enteritidis*. Journal of Food Protection 68: 191-198.
- JARAMILLO N. J. E. y A. C. D. DIAZ. 2006. (Compiladores). El Cultivo de las Crucíferas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 4. 176 páginas.
- JÁUREGUI, L.U. y J.P. SCHIFINI. 2004. Gestión y financiamiento en agua potable y saneamiento ante los desafíos del milenio. ISA N° 77. AIDIS ARGENTINA. Pág. 16-19.
- JONES, A. R.; SANDERS D. C. y R. J. DUFAULT. 1990. Early temperatures influence broccoli growth and head quality. Hortscience, 25(8), 865-865.
- KOWALENKO C.G. y J. W. HALL. 1987. Effects of nitrogen applications on direct-seeded broccoli from a single harvest adjusted for maturity. J. Amer. Soc. Sci., 112 (1), 9-13. Citado en: RINCÓN, L.; SÁEZ, J.; PEREZ, J. A.; GOMEZ, M. D.; y C. PELLICER. 1999. Crecimiento y absorción de nutrientes del brócoli. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg, 14, 225-236.
- KRARUP, C. H. 1992, Seminario sobre la producción de brócoli. Quito (Ecuador), PROEXANT. pág. 25.
- LARDIZÁBAL, R. y M. THEODORACOPOULOS. 2008. Manual de producción. Producción de Brócoli. USAID-RED Proyecto de Diversificación Económica Rural. Honduras. 37 p.
- LE GALL, J. 2010. El Brócoli en Ecuador: La fiebre del oro verde. Cultivos no tradicionales, estrategias campesinas y globalización. Anuario americanista europeo, N° 6-7, 2008-2009 p. 261-288
- LIN, C. M.; MOON, S. S.; DOYLE, M. P. y K. H. MCWATTERS. 2002. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritica* serotype Enteritidis, and *Listeria monocitogenes* on lettuce by hydrogen peroxide and lactic acid and by hydrogen peroxide with mild heat. Journal of Food Protection 65: 1215-1220.
- LORENZO, E. V.; OCAÑA, J. G. L.; FERNÁNDEZ, L. A. y M. B. VENTA. 2009. Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica. Revista CENIC ciencias biológicas, 40 (1).
- MAGNIFICO V.; LATTANCIO V. y G. SARLI G. 1979. Growth and nutrient removal by broccoli. J. Amer. Hort. Sci., 104 (2), 201-203. Citado en: RINCÓN, L.; SÁEZ, J.;

- PEREZ, J. A.; GOMEZ, M. D.; y C. PELLICER. 1999. Crecimiento y absorción de nutrientes del brócoli. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg, 14, 225-236.
- MAROTO, J. 1995. Horticultura herbácea especial 4^{ta}ed Madrid, España. Ediciones Mundi Prensa 568p.
- 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.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA (MAGAP). 2013. Boletín situacional: Brócoli. Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Ecuador.
- NUEZ, F. C. GOMEZ CAMPO, P. FERNANDEZ DE CORDOVA, S. SOLER y J. V. VALCARCEL. 1999. Colección de Semillas de Coliflor y Brócoli. Centro de Conservación y Mejora de la Agro diversidad Valenciana. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Monografías INIA: agrícola N° 1.
- PARRA, J. P. y A. M. V. ARBOS. 1997. Reutilización de las aguas residuales de la ciudad de Almería en los regadíos del Bajo Andarax. In Actas del I y II seminario del agua (pp. 265-287). Instituto de Estudios Almerienses.
- RAJ, B.S.; CHANDÍA, M. y R. AGARWAL. 2005. Interaction of *Salmonella enteritica* subspecies enteritica Serovar Typhimurium and mung bean (*Phaseolus aureus*) plants. Journal of Food Protection 68: 476-481.
- RINCÓN, L.; SÁEZ, J.; PEREZ, J. A.; GOMEZ, M. D.; y C. PELLICER. 1999. Crecimiento y absorción de nutrientes del brócoli. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg, 14, 225-236.
- SÁENZ FORERO, R. 2006. Introducción y uso de aguas residuales tratadas en agricultura y acuicultura: Riego y Salud. En:<http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep153/rys/rys.html>. Consultado: 21/11/2014.
- SANDOVAL YOVAL, L. y COLLÍ MISSET, J. 2004. Tratamiento integral de agua municipal, su desinfección y reuso en la agricultura. XXIX Congreso Sanitario y Ambiental. San Juan. Puerto Rico.
- SARLI, A. 1980 Tratado de Horticultura. 2^{da}edición. Editorial Hemisferio Sur S.A.
- SHELDON, M. y D. MARGEN. 1992. Wellness encyclopedia of food and nutrition. The University of California at Berkeley.Rebus, New York.

- SILVA J.; TORRES P. y MADERA C. 2008. Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. Rev. Agronomía Colombiana, Vol. 26, N° 2. Colombia. Pp. 347 - 359.
- SINALUISA SINALUISA, L. M. 2012. Evaluación de la eficacia de ocho mezclas de Fertilizantes Inorgánicos en el rendimiento y rentabilidad del cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) en la comunidad Gatazo Zambrano provincia Chimborazo.
- STOPPANI, M.I. y N.FRANCESCANGELI. 2010. El brócoli y su potencial: Hortaliza top del tercer milenio. En: www.fca.uner.edu.ar/files/.../El%20brocoli%20y%20su%20potencial.pdf. Consultado: 10/03/2015.
- SUBSECRETARIA DE FOMENTO A LOS AGRONEGOCIOS (SFA). 2011. Monografía de cultivos: Brócoli. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. En: <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Estudios/Documents/monografias/brocoli.pdf> Consultado: 19-03-2015.
- VERGINE, P.; SALERNO, C.; LIBUTTI, A.; BENEDUCE, L.; GATTA, G.; BERARDI, G. y POLLICE, A. 2017. Closing the water cycle in the agro-industrial sector by reusing treated wastewater for irrigation. Journal of Cleaner Production, 164: 587-596.
- VIGLIOLA, M. 1996. Manual de Horticultura. 2^{da} Edición. 3^{ra} Reimpresión. Hemisferio Sur. Buenos Aires.