



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”
Modalidad: Proyecto de Investigación

**EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS Y TIERRA DE
DIATOMEAS EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea L.*
var. Itálica Plenck) REGADO POR GOTEJO CON EFLUENTES
URBANOS TRATADOS**

DALMASSO, JUAN MARTIN
DNI: 34.992.373

Director: Ing. Agr. Diego Ramos
Co-director: Ing. Agr. Fabricio Salusso

Río Cuarto-Córdoba
Abril/2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: “Efectos de la aplicación de biosólidos y tierra de diatomeas en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Itálica* Plenck) regado por goteo con efluentes urbanos tratados”

Autor: Dalmaso, Juan Martín

Director: Ing. Agr. Diego, Ramos

Codirector: Ing. Agr. Fabricio, Salusso

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

Ing. Agr. Gabriel, Espósito _____

Ing. Ftal. Marcela, Demaestri _____

Ing. Agr. Diego, Ramos _____

Fecha de Presentación: ____/____/_____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/_____.

Secretario Académico _____

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN.....	VII
SUMMARY.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
1-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 climáticos y edáficos.....	3
1.5-Nutrición del cultivo.....	3
1.5.1-Nitrógeno.....	4
1.5.2-Fósforo.....	4
2-AGUAS RESIDUALES.....	5
2.1-Utilización de aguas residuales.....	5
2.2-Calidad sanitaria.....	6
2.3-Calidad agronómica.....	7
2.4-Directrices sobre la calidad de los efluentes empleados en agricultura.....	8
2.5-Contexto nacional.....	9
2.6-Directrices provinciales.....	10
2.7-Antecedentes.....	12
3-BIOSÓLIDOS.....	13
3.1-Generalidades.....	13
3.2-Antecedentes.....	14
4-TIERRA DE DIATOMEAS.....	14
4.1-Generalidades.....	14
4.2-Importancia de las diatomeas.....	15
4.3-Antecedentes.....	16
HIPÓTESIS.....	17
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17

MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
1.-Caracterización del sitio experimental.....	18
1.1-Características de la región.....	18
1.2-Planta piloto de tratamiento de efluentes urbanos.....	18
1.2.1-Recolección del efluente urbano.....	18
1.2.2-Pretratamiento.....	19
1.2.3-Tratamiento del agua residual.....	19
2-Parcela experimental.....	21
2.1-Preparación del terreno e instalación del equipo de riego.....	21
2.2-Producción de los plantines e implantación del cultivo.....	21
2.3-Diseño experimental.....	22
2.4-Cosecha del cultivo.....	23
2.4.1-Determinación de la calidad de las pellas o cabezas.....	23
2.4.2-Determinación de la calidad sanitaria.....	23
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	24
1.-Riego por goteo con EUT.....	24
1.2-Aporte de macronutrientes del efluente urbano tratado y biosólidos.....	25
2.-Calidad de pellas: diámetro de pedúnculo, diámetro de pella y peso individual de pella.....	26
3-Rendimiento comercial.....	27
4.-Calidad microbiológica del EUT.....	27
5-Calidad sanitaria del brócoli.....	28
CONCLUSIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estándares fisicoquímicos de calidad para la reutilización de efluentes urbanos tratados	11
Tabla 2: Estándares biológicos de calidad para la reutilización de efluentes urbanos tratados.....	11
Tabla 3: Determinaciones analíticas del efluente crudo.....	19
Tabla 4: Determinaciones analíticas del EUT utilizado en el riego de brócoli.....	21
Tabla 5: Contenido de Materia Orgánica (MO), Nitrógeno de Nitratos (N-NO ₃ -), Nitratos (NO ₃ -), Fósforo (P), Potasio (K), pH y Conductividad Eléctrica (CE) de 0 a 20 cm de profundidad.....	22
Tabla 6: Diámetro de pedúnculo, diámetro de pella y peso de pella para cada tratamiento.....	26
Tabla 7: Valores medios obtenidos en rendimiento comercial (kg/ha) para cada tratamiento.....	27
Tabla 8: Determinaciones microbiológicas del EUT utilizado como fuente de agua para riego.....	28
Tabla 9: Recuento de microorganismos y parásitos en pellas frescas de brócoli a cosecha.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Conducción de los efluentes y pretratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	19
Figura 2: Efluente crudo y tanque sedimentador de lodos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	20
Figura 3: 1° y 2° laguna con macrófitas. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	20
Figura 4: Precipitaciones y lámina de agua aplicadas mediante riego por goteo con EUT desde el trasplante a la cosecha.....	24

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 reutilización en la agricultura pueden significar no solo un aporte de agua para riego, sino también una importante fuente de nutrientes para los cultivos. El uso de biosólidos y tierra de diatomeas como fertilizante puede ser una alternativa para lograr una agricultura más sostenible. El objetivo del estudio fue evaluar los efectos de la aplicación de biosólidos y tierra de diatomeas sobre un cultivo de brócoli regado con efluentes urbanos tratados, para ello se trasplantó el 22/04/2016, en un diseño experimental de bloques completos al azar, brócoli cultivar Almanor F1. A cosecha se evaluó el diámetro del pedúnculo (cm), diámetro de pella (cm), peso de pella (g) y rendimiento comercial (kg ha^{-1}). Para determinar la calidad sanitaria de las pellas se efectuaron análisis microbiológicos y parasitológicos. Los resultados determinaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$ según LSD Fisher) en diámetro del pedúnculo y pella, peso individual de pella y rendimiento comercial a favor del tratamiento con biosólidos, la tierra de diatomeas no mostró diferencias en relación al testigo. Se confirmó ausencia de microorganismos y parásitos perjudiciales para la salud sobre las pellas frescas, demostrando la factibilidad de utilizar ésta tecnología en la producción de brócoli.

Palabras claves: efluentes urbanos tratados, biosólidos, tierra de diatomeas, brócoli, rendimiento, microorganismos.

SUMMARY

During the last 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. The use of biosolids and diatomaceous earth as fertilizer can be an alternative to achieve more sustainable agriculture. The objective of the study was to evaluate the effects of the application of biosolids and diatomaceous earth on a broccoli culture irrigated with treated urban effluents, for this purpose it was transplanted on 04/22/2016, in an experimental design of randomized complete blocks, broccoli cultivar Almanor F1, at harvest the peduncle diameter (cm), pellet diameter (cm), pellet weight (g) and commercial yield (kg ha⁻¹) were evaluated. To determine the sanitary quality of the pellets, microbiological and parasitological analyzes were carried out. The results determined significant differences ($p \leq 0.05$ according to LSD Fisher) in peduncle and pellet diameter, individual weight of pellet and commercial yield in favor of the treatment with biosolids, the diatomaceous earth did not show differences in relation to the control. It was confirmed the absence of microorganisms and parasites harmful to health on fresh pellets, demonstrating the feasibility of using this technology in the production of broccoli.

Key words: treated urban effluents, biosolids, diatomaceous earth, 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). 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).

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 bróculi (*Brassica oleracea* var. *italica*) de gran importancia económica a nivel mundial (Nuez *et al.*, 1999).

Debido al incremento en la demanda, en el año 2012 la producción mundial de brócoli fue 21.266.789 t. El 77% de ésta se concentró en dos países de Asia: China Continental con 9.500.000 t. y la India con 7.000.000 t., 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 t. a nivel mundial (MAGAP, 2013).

En el año 2012 las exportaciones mundiales de brócoli fueron de 1.121.184 t. Los principales países exportadores de este producto fueron: España con aproximadamente 275.000 t (el 61,06% lo exportó a Reino Unido, Francia y los Países Bajos), seguido de Francia con alrededor de 157.000 t. (que vendió el 67,11% a Alemania, Países Bajos y Reino Unido), Estados Unidos con 150.000 t. (el 89,65% del producto lo exportó a Canadá y Japón) (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 t., llegando para el periodo 2004-2005 con 15.155 t. distribuidas en 1.084 ha considerando a 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, 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 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 5,5-6,8 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

Para garantizar la calidad y el rendimiento del brócoli es fundamental una nutrición balanceada. Dentro de los elementos considerados esenciales para el brócoli se destacan el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y boro (Nolasco *et al.*, 2005; De Chaves, 2016). La demanda de estos nutrientes es muy variable en función del cultivar, condiciones

climáticas, edáficas, época del año y rendimiento del cultivo (Jaramillo y Díaz, 2006; Carrillo Riofrio, 2011; De Chaves, 2016).

1.5.1. Nitrógeno

El nitrógeno (N) es el elemento más importante en la nutrición de las plantas. Una deficiencia de nitrógeno en brócoli puede provocar una marcada disminución del crecimiento y vigor de la planta, las hojas resultan pequeñas y de color verde pálido, las hojas más antiguas se tornan de un color púrpura y el rendimiento disminuye (De Chaves, 2016).

Un exceso de nitrógeno puede retardar la maduración del cultivo, la formación de las pellas, provocar un menor desarrollo del sistema radicular y causar el ahucamiento del tallo principal de la inflorescencia (Tamayo Veléz, 2006; Carrillo Riofrio, 2011).

Muchos estudios sobre la nutrición en brócoli se han centrado en la fertilización nitrogenada. Algunos autores plantean que para alcanzar el máximo rendimiento se necesitan por hectárea: 540 kg de N (Rincón *et al.*, 1999); 400 kg de N (Rincón *et al.*, 1999; Castellanos *et al.*, 2000); 270 kg de N (Letey *et al.*, 1983); 250 kg de N (Rincón *et al.*, 1999); 224 kg de N (Hipp, 1974); 170-200 kg de N (Pascual Antón, 1994), valores similares a los 150-200 kg de N planteados por Maroto, (1995).

Rincón *et al.*, (1999) determinaron para una producción comercial de 19,2 t ha⁻¹ de inflorescencias, una absorción total de 243,9 kg ha⁻¹ de N, produciéndose la mayor velocidad de absorción en el periodo de mayor crecimiento foliar, mientras que en otros nutrientes como el Ca se produjo en el período de mayor crecimiento de inflorescencias, y de Mg se mantuvo prácticamente constante durante todo el ciclo de cultivo.

Jaramillo y Díaz, (2006) mencionan para un rendimiento de 20 t ha⁻¹ una extracción de 90 kg ha⁻¹ de N, coincidiendo con Tamayo Veléz, (2006) que logró excelentes rendimientos con ese mismo nivel de N. Sin embargo, Lardizábal y Theodoracopoulos (2008), recomiendan para lograr un rendimiento de 16,3 t ha⁻¹, valores más elevados, en el orden de 145 kg ha⁻¹ de N.

1.5.2. Fósforo

El requerimiento de P del brócoli es bastante más bajo que el de N, pero su demanda también varía según diferentes condiciones de cultivo (De Chaves, 2006). Algunas referencias indican una demanda por hectárea que oscila desde 15 kg de P (Jaramillo y Díaz, 2006); otras 24 kg de P (Lardizábal y Theodoracopoulos, 2008), similares a los 23 kg planteados por Magnífico *et al.*,

(1979), otras manifiestan una necesidad de 28,7 kg de P (Rincón *et al.*, 1999), 34 kg de P (Tamayo Veléz, 2006) y hasta valores muy superiores de 50 a 100 kg de P (Pascual Antón, 1994).

Maroto *et al.*, (1995) tras varios ensayos de cultivares con distintas densidades de plantación, dan valores medios orientativos sobre la cantidad de P necesario para el correcto desarrollo del brócoli de 60 a 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, esto representaría una demanda de 26 a 35 kg ha⁻¹ de P.

Lestrangle *et al.*, (2003) manifiesta que las aplicaciones de P pueden variar entre 24 y 120 kg ha⁻¹. Puenayan *et al.*, (2010) lograron el máximo diámetro (15,82 cm) y peso (505,97 g) de pellas frescas con el agregado de 150 kg ha⁻¹ de N y 86 kg ha⁻¹ de P.

2. AGUAS RESIDUALES

2.1 Utilización de aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por las actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reutilizadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (Gámez *et al.*, 2017). Más que el conocimiento químico exacto de la composición de las aguas residuales urbanas, tres son las características más importantes que se deben destacar, desde un punto de vista sanitario y en relación con el tratamiento: la gran cantidad de sólidos presentes, la abundancia de sustancias biodegradables y la presencia de microorganismos patógenos (Guerrero *et al.*, 2018).

En muchos lugares del mundo y en Argentina, 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 solo por el impacto en sí misma sino también por la potencial proliferación de un gran número de enfermedades (Crespi *et al.*, 2009). 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 solo 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).

La reutilización de efluentes para el riego en la agricultura se considera una oportunidad importante para los países áridos y semiáridos, donde la escasez de recursos de agua dulce es fundamental para la agricultura y el desarrollo urbano (Kalavrouziotis *et al.*, 2010). No obstante, todavía es necesario investigar muchos aspectos sobre el posible impacto ambiental y la evaluación de la seguridad y el riesgo (Beneduce *et al.*, 2017).

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

Dentro de los principales microorganismos patógenos de humanos se mencionan a 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), *Campylobacter*, *Shigella*, *Yersinia*; parásitos y virus (hepatitis A, norovirus) (FAO, 2013). Un estudio dirigido a determinar la posible presencia de estos 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).

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).

Los parásitos transmitidos por el consumo de alimentos son una importante carga para la salud pública en todo el mundo, sobre todo en áreas donde existen servicios sanitarios deficientes y en población que tradicionalmente consume alimentos crudos. Las infecciones pueden tener consecuencias prolongadas, graves y a veces fatales, además de causar dificultades importantes en términos de inocuidad alimentaria, seguridad y calidad de vida, así como repercusiones negativas en los medios de subsistencia (FAO/OMS, 2016).

Entre los parásitos importantes transmitidos por la frutas y hortalizas se incluyen, entre otros, *Taenia solium*, *Echinococcus granulosus*, *Echinococcus multilocularis*, *Toxoplasma gondii*, *Entamoeba histolytica*, *Cryptosporidium* spp., *Ascaris* spp., *Giardia duodenalis*, *Fasciola* spp., *Cyclospora cayetanensis*, *Trichuris trichiura*, *Balantidium coli* y *Toxocara* spp. En ciertas frutas y hortalizas que se consumen crudas, y sin una desinfección para eliminar los parásitos, revisten una especial importancia los controles que reducen el riesgo de contaminación parasitaria a un nivel aceptable durante la producción primaria (FAO/OMS, 2016).

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 solo 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 crecimiento 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).

2.4 Directrices sobre la calidad de los efluentes empleados en agricultura

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 antiséptico o carente de agentes patógenos. Por ejemplo, las normas del Departamento de Salud Pública del Estado de California permiten un total de sólo 2,3 ó 2,2 coliformes por cada 100 mL, según el cultivo regado y el método de riego empleado (CEPIS, 2002).

En 1971, el Grupo de Expertos de la OMS en aprovechamiento de efluentes reconoció que las normas extremadamente estrictas fijadas en California no tenían justificación en las pruebas epidemiológicas existentes y recomendó una directriz sobre la calidad microbiológica del agua empleada para riego sin restricciones de hortalizas que se consumen cocidas, según la cual el número de coliformes totales no puede ser mayor de 100 por cada 100 ml., lo que representó una gran medida de liberalización (CEPIS, 2002).

Desde entonces, la OMS, el Banco Mundial, 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).

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 (Lorenzo *et al.*, 2009).

Estas nuevas directrices sobre la calidad bacteriológica fueron comparables con la calidad real del agua de algunos ríos empleada para riego sin restricciones de todos los cultivos en muchos países, sin efectos nocivos conocidos. Las concentraciones de coliformes fecales típicas en varios ríos del mundo son de 1000 por cada 100 mL y cerca del 15 % tiene concentraciones de 10.000 por cada 100 mL o más. Estas aguas se emplean en varios países de América Latina para riego, sin ninguna restricción legislativa al respecto (Rivera *et al.*, 2007).

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 1.000 por cada 100 mL (Lorenzo *et al.*, 2009).

La presencia de parásitos patógenos en el agua residual constituye un alto riesgo a la salud pública. Tales microorganismos como virus, bacterias protozoarios y helmintos que tienen su origen en las excretas de los individuos enfermos o portadores sintomáticos y, ocasionalmente, en las excretas de hospederos intermediarios, generan principalmente enfermedades del aparato digestivo, (fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería, salmonelosis, shigelosis, helmintiasis y cólera, entre otras) los cuales son 218 responsables de aproximadamente 250 millones de infectados al año y de 10 ó 20 millones de muertes a escala mundial (Sandoval Yoval, 2004).

La necesidad de conocer la calidad sanitaria de los productos se debe a que los virus y helmintos pueden causar enfermedades en el hombre, con tan solo la ingestión de un organismo de cualquiera de estos. En cambio, se necesita ingerir millones de bacterias para que causen enfermedades. Para que bacterias de *E. coli* infecten a un individuo y provocarle la enfermedad, se necesite ingerir de 1×10^6 - 1×10^{10} microorganismos; y 1×10^3 - 1×10^8 organismos de *Vibrio cholera*; 1×10^5 - 1×10^9 de *Salmonella* o de 1×10^2 - 1×10^3 de *Shigella* (Sandoval Yoval, 2004).

2.5 Contexto Nacional

Argentina no tiene un marco legal que establezca los requisitos mínimos ni políticas de promoción para el tratamiento y reutilización de aguas residuales, las experiencias existentes solo son aisladas, especialmente en actividades de carácter productivo. La excepción es la provincia de Mendoza, que cuenta con una arquitectura institucional y jurídica compleja en materia de gestión de agua y utilización de las aguas residuales, que debiera convertirse en antecedente valioso para definir los criterios esenciales de una ley a nivel nacional (Bertranou y Araujo, 2002; Sartor y Cifuentes, 2012).

En el año 1920 comienzan a instalarse en Mendoza las primeras redes cloacales cuyas aguas residuales eran “derramadas” en campos fiscales donde se asentaban agricultores que utilizaban estas aguas para el regadío de sus cultivos. Actualmente la provincia cuenta con una superficie bajo riego con aguas residuales tratadas de 6.580 has en los acres de Campo Espejo, Paramillo, Costa de Araujo, Potrerillos y Penitenciaría, con un volumen de efluentes reutilizados de $355.000 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$ (Luraschi y Rauek, 2017).

Otras experiencias en el reúso de aguas residuales se desarrollan en las localidades de Puerto Madryn, Rada Tilly y Comodoro Rivadavia, en la provincia de Chubut donde se utilizan con fines forestales, y en Villa Nueva, Córdoba para el riego hortícola, florícola y forestal (Calcagno *et al.*, 2000). En Cafayate (Salta) se utilizan aguas residuales tratadas para el riego de vid, pasturas, pimiento para pimentón y frutales con resultados muy promisorios (D'andrea *et al.*, 2014).

Sin embargo, el reúso de aguas residuales tratadas es una actividad muy incipiente y puntual en el país, incluso a veces desarrollada de manera informal. La falta de antecedentes locales despierta la necesidad de ahondar en las investigaciones para facilitar la vinculación de inversión en plantas de tratamiento y reutilización de efluentes con los logros obtenidos y así replicar modelos sostenibles y eficientes en el tiempo.

2.6 Directrices provinciales

La provincia de Córdoba (Argentina) a través del Decreto 847/16 en su anexo único de la Ley N° 10.208/14 de Política Ambiental, establece la “*Reglamentación de Estándares y Normas sobre vertidos para la preservación del recurso hídrico provincial*” cuyo objetivo determinar los mecanismos de control, fiscalización y seguimiento de las actividades antrópicas que se vinculan a la gestión en materia hídrica, fijar estándares de emisión o efluentes, estándares tecnológicos y ambientales para los vertidos de efluentes líquidos así como también su reutilización, promoviendo el uso de los recursos hídricos con una visión sustentable (Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos, 2016).

En esta normativa se clasifican a los efluentes tratados según el destino de reúso de acuerdo a los siguientes tipos:

En la Tabla 1 se fijan los estándares fisicoquímicos de calidad para la reutilización de efluentes urbanos tratados.

Tabla 1. Estándares fisicoquímicos de calidad para la reutilización de efluentes urbanos tratados

Estándar	Unidad	Valor	Estándar	Unidad	Valor
Sólidos disueltos	mg L ⁻¹	≤ 500	Litio	mg L ⁻¹	≤ 2,5
Sólidos suspendidos	mg L ⁻¹	≤ 50	Manganeso	mg L ⁻¹	≤ 0,2
Aluminio	mg L ⁻¹	≤ 5	Mercurio	mg L ⁻¹	≤ 0,001
Antimonio	mg L ⁻¹	≤ 0,1	Nitrógeno	mg L ⁻¹	≤ 30
Arsénico	mg L ⁻¹	≤ 0,1	Nitratos	mg L ⁻¹	≤ 30
Berilio	mg L ⁻¹	≤ 0,1	Níquel	mg L ⁻¹	≤ 0,2
Bicarbonatos	mg L ⁻¹	≤ 100	Plomo	mg L ⁻¹	≤ 0,5
Boro	mg L ⁻¹	≤ 0,7	Potasio	mg L ⁻¹	≤ 250
Cadmio	mg L ⁻¹	≤ 0,01	Selenio	mg L ⁻¹	≤ 0,02
Carbonato de sodio	mg L ⁻¹	≤ 2,5	Sodio	mg L ⁻¹	≤ 250
Cloruros	mg L ⁻¹	≤ 142	Sulfatos	mg L ⁻¹	≤ 130
Cobalto	mg L ⁻¹	≤ 0,1	Zinc	mg L ⁻¹	≤ 2
Cobre	mg L ⁻¹	≤ 0,2	Temperatura	°C	≤ 40
Cromo	mg L ⁻¹	≤ 0,1	pH	UpH	≤ 6,5 a 8
Fluoruro	mg L ⁻¹	≤ 1,5	Cond. eléctrica	µmho cm ⁻¹	≤ 1.000
Fosfatos	mg L ⁻¹	≤ 5	RAS		≤ 3
Hierro	mg L ⁻¹	≤ 5	Demanda Biol. O ₂	mg L ⁻¹	30

Fuente: Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos, (2016).

En la Tabla 2 se fijan los estándares biológicos y orgánicos de calidad de efluente destinado para el riego de hortalizas

Tabla 2. Estándares biológicos de calidad para la reutilización de efluentes urbanos tratados

Estándar	Unidad	Valor máximo
		Riego hortícola
Nematodos intestinales ^a	Media aritmética N° de huevos por L ^b	< 1
Coliformes fecales	NMP 100 mL ⁻¹	< 200

a-Especies Ascaris y Trichuris y anquilostomas

b- Durante el período de riego

Fuente: Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos, (2016).

2.7. Antecedentes

En cuanto al uso agrícola de aguas residuales tratadas se pueden mencionar muchos antecedentes que dan cuenta de los beneficios que arroja el uso de este recurso en el aumento de rendimientos de diferentes cultivos.

En México, el rendimiento de tomates regados con agua residual fue de 35 t ha⁻¹ contra 18 t ha⁻¹ regado con agua limpia. En Perú, cultivo de papa regada con efluentes de lagunas de estabilización secundaria rindió 45 t ha⁻¹ mientras que la regada con agua limpia solo rindió 12 t ha⁻¹ (Sáenz Forero, 2006).

En cultivo de ajo, el riego con efluentes se comportó como una fertilización nitrogenada aumentando los rendimientos por ha en un 15% y el calibre 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 fósforo, y se produjeron modificaciones positivas en la estructura del suelo.

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. En un trabajo realizado en Coahuila (México), el rendimiento de brócoli regado con agua residual fue adecuado debido al alto contenido de materia orgánica y aporte de 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 que mostraron bajos rendimientos. (García Peña *et al.*, 2004).

En trabajos locales realizados con cultivares de ajo “blanco” y “morado” regados con dos calidades de agua, efluentes urbanos tratados y agua de perforación, no se encontraron diferencias entre ambos tipos de agua para la producción (kg ha⁻¹), el peso y calibre de los bulbos. Tampoco se modificó la proporción de anomalías en la bulbificación. Además, 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).

Beneduce *et al.*, (2017) en Italia evaluaron la reutilización de efluentes en un sistema de cultivo en el que se usaron aguas subterráneas y aguas residuales para el riego de brócoli y tomate. El efluente, el ambiente y los productos se monitorearon en busca de indicadores microbianos de contaminación. La calidad microbiana de las aguas de riego influyó esporádicamente en la

presencia de indicadores microbianos en el suelo. *Salmonella* spp. y *Listeria monocytogenes* se detectaron en muestras de suelo, independientemente de la fuente de agua de riego. No se encontró ningún patógeno que contaminara las plantas de tomate, mientras que *Listeria monocytogenes* y *E. coli* O157: H7 se detectaron en la planta de brócoli, pero cuando se cosecharon los productos finales, no se detectó ningún patógeno en la parte comestible.

3. BIOSÓLIDOS

3.1. Generalidades

Los biosólidos son principalmente materiales orgánicos producidos durante el tratamiento de aguas residuales, los cuales pueden ser utilizados en diversos usos benéficos. Un ejemplo de tales usos es la incorporación de biosólidos al terreno para abastecerlo de nutrientes y renovar la materia orgánica del mismo (EPA, 2000).

En los biosólidos se encuentran elementos como nitrógeno, fósforo y potasio, además de micronutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, como zinc, hierro y magnesio. Los valores para N, P y K en biosólidos son, para el N entre 2,4 y 5 % de Sólidos Totales (ST), para el P (como P₂O₅) entre 2,8 y 11% de ST y para el K (como K₂O) entre 0,5 y 0,7 % de ST (Metcalf & Eddy Inc., 2003).

La aplicación de biosólidos al suelo mejora sus características, tales como la capacidad de absorción de agua, las cuales brindan condiciones más favorables para el crecimiento de las raíces e incrementan la tolerancia de la vegetación a la sequía, provee algunos micronutrientes esenciales, tales como níquel, zinc y cobre. También pueden servir como una alternativa o sustituto de los costosos fertilizantes químicos. Estos son esencialmente líquidos, con un contenido de 94 - 97% de agua y cantidades de sólidos relativamente bajas (del 3 al 6%). Para la aplicación se pueden inyectar al suelo, o ser dispersados sobre la superficie del terreno e incorporarlos utilizando equipos agrícolas convencionales (EPA, 2000).

Según Vélez Zuluaga (2007), las investigaciones actuales y el proceso de reutilización de biosólidos tratados es cada día mayor y tiende a ser una importante actividad económica siempre que se actúe con responsabilidad y sustentabilidad ambiental.

El efecto beneficioso del uso de biosólidos en la agricultura no se limita sólo a las propiedades químicas de los suelos. Ha sido demostrado por numerosos autores que además de éstas, las propiedades físicas, físico-químicas y biológicas también se ven mejoradas con la adición de estos residuos, mejorando la biomasa y el rendimiento de los cultivos (Borges *et al.*, 2010).

3.2. Antecedentes

Algunos estudios en México reportan efectos positivos de la aplicación de biosólidos sobre la fertilidad del suelo y la producción de algunos cultivos, entre ellos crucíferas como la coliflor. Martínez, *et al.*, (2001) evaluaron en el estado de Nuevo León (México), la aplicación de biosólidos líquidos y deshidratados, fertilizantes inorgánicos y un testigo sobre la productividad del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), los resultados obtenidos indicaron una mejora y aumento en el número de coliflores comerciales cuando se aplicó biosólidos líquidos y deshidratados a los 8 días después del trasplante.

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

Ozores-Hampton y Méndez, (2010) evaluaron el efecto de los biosólidos en la producción de hortalizas en Florida (EEUU), reflejando un incremento del rendimiento en cultivos de tomate, calabaza y frijol, a una dosis de aplicación de 7,5 y 15 t ha⁻¹ MS (materia seca), sin embargo, en cultivos de repollo y coliflor, no hubo respuesta a la aplicación de biosólidos a razón de 0; 3; 7,5 y 13 t ha⁻¹ MS.

4. TIERRA DE DIATOMEAS

4.1. Generalidades

La diatomita es una roca sedimentaria compuesta de restos fosilizados de algas unicelulares (*Bacillariophyta*), conocida como diatomea (USGS, 2008) producida por la deposición de sus esqueletos. Los acúmulos de frústulos silicios de diatomeas que se han ido depositando a lo largo de millones de años, constituyen este material fosilizado conocido también como tierra de diatomea (Jones, 2007).

El componente principal de las tierras de diatomea es sílice amorfo (SiO₂) y pequeñas cantidades de minerales como aluminio, óxido de hierro, hidróxido de calcio, magnesio y sodio (Round *et al.*, 1990). Posee una estructura única de baja densidad, alta capacidad de absorción, alta

superficie específica y relativamente baja abrasión (Ramos *et al.*, 2004). La extracción comercial de diatomeas comenzó hace aproximadamente 200 años y han sido utilizadas en diversos productos debido a su alto contenido de silicio (Flower, 2007).

4.2. Importancia de las diatomeas

Las diatomeas son importantes para el ciclo biogeoquímico del Silice (Si) y la fijación global de dióxido de carbono (CO₂). Estos organismos unicelulares toman el ácido silícico disuelto en el agua y lo precipitan en forma de Si para formar sus frústulas o paredes celulares (Martín-Jézéquel *et al.*, 2000).

Las diatomeas son organismos fotosintéticos que participan en la producción primaria de la cadena alimenticia y están tomando importancia en diferentes áreas como biofertilizantes, insecticidas, biorremediación, biocombustibles, biotecnología y en biomedicina como complemento alimenticio para humanos (Borowitzka, 1995; Anderson, 2005; Jong-Yuh, 2005).

Como fertilizantes las diatomeas aportan nutrientes; esto ocurre porque su composición es óptima en muchos minerales como: calcio, cobalto, cobre, fósforo, hierro, manganeso, magnesio, níquel, potasio, sílice, zinc, entre otros, elementos que tienen incidencia en los tejidos; por lo general estas sustancias son escasas en terrenos poco fértiles (Golob, 1997).

El sílice de las diatomeas es un amortiguador efectivo del pH que facilita la conversión enzimática de bicarbonato a CO₂, etapa importante en la adquisición de carbono inorgánico por las plantas (Milligan y Morel, 2002).

La tierra de diatomeas aporta a las plantas 38 oligoelementos que son vitales para la interacción metabólica de sus tejidos, es un fertilizante eficaz y seguro ya que no es fitotóxico. Se recomiendan aplicaciones directas al suelo, aplicando entre 6 a 8 kg ha⁻¹, o diluido en agua a razón de 1 a 2 kg por cada 100 a 200 litros de agua. Algunas de las ventajas del uso de tierra de diatomeas se mencionan a continuación:

- Mejora las condiciones físicas del suelo
- Mejora la retención del agua en los tejidos vegetales y el suelo (Romero-Aranda, *et al.*, 2006).
- Reducción del daño oxidativo a las membranas ocasionado por exceso de iones (Gunes *et al.*, 2007).
- Incidencia positiva en la disponibilidad de nutrientes.

- Inducción a la formación de aluminosilicatos de baja solubilidad en el apoplasto del ápice de la raíz, reduciendo la concentración de iones Al^{+3} en el medio (Epstein, 1999).
- Protección de cultivos contra factores ambientales bióticos y abióticos (Epstein, 1999).
- Bajo costo
- No requiere de equipos ni personal especializado para su aplicación
- Fácil y rápida aplicación
- Alta compatibilidad con otros insumos o productos
- Se puede incorporar al riego mezclado con otros insumos
- Mantiene sus condiciones físicas en el tiempo

4.3. Antecedentes

Martínez *et al.*, (2013) evaluaron el efecto de las diatomeas en el cultivo de maíz encontrando un aumento de rendimiento expresado en $t\ ha^{-1}$, llegando a $4,3\ t\ ha^{-1}$ con el uso de las mismas en comparación con un fertilizante líquido orgánico donde el rendimiento obtenido fue de $3,8\ t\ ha^{-1}$, además los resultados obtenidos en cuanto a propiedades químicas del suelo indican un aumento en los valores de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Sajal *et al.*, (2014) evaluaron el efecto de la fertilización con diatomeas en el cultivo de arroz, el estudio demostró un aumento significativo en el rendimiento de grano y biomasa aérea con tratamientos de $600\ kg\ ha^{-1}$ de diatomea en combinación con el agregado de fertilizantes (SFP), los parámetros altura de la planta (cm), número de macollos por m^2 , número de panícula por m^2 , y peso de 1000 granos (g) también mostraron diferencias favorables al uso de diatomeas.

De acuerdo a todo lo expuesto precedentemente, resulta de interés la profundización de investigaciones que evalúen el efecto de la utilización de biofertilizantes como biosólidos y tierra de diatomeas sobre el rendimiento y la calidad sanitaria de brócoli regado con efluentes urbanos tratados.

HIPÓTESIS

El efecto fertilizante de los biosólidos y la tierra de diatomeas incidirá positivamente en la productividad y rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *itálica* Plenck) regado por goteo con efluentes urbanos tratados.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación de biosólidos y tierra de diatomeas en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *itálica* Plenck) regado por goteo con efluentes urbanos tratados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características químicas del suelo al inicio del ciclo del cultivo
- Evaluar la evolución del agua en el suelo para la programación de los riegos
- Determinar diámetro de pella (cm), peso individual de pellas (g), diámetro de pedúnculo de la inflorescencia (cm) para cada tratamiento.
- Determinar la producción total comercial del cultivo de brócoli en (kg ha^{-1}).
- Determinar la presencia o ausencia de microorganismos y parásitos dañinos para la salud sobre las pellas a cosecha

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.

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

El efluente proveniente de las Residencias Universitarias se conduce a través de una tubería de PVC, K4 de 160 mm de diámetro y se descarga en una cámara receptora de cemento de 1,5 m de ancho por 2,5 m de largo por 5 m de profundidad (Figura 1) donde comienza la etapa de pre-tratamiento (Crespi *et al*, 2012), en principio, el material pasa a través de un disco de acero inoxidable de 0,30 m de diámetro con perforaciones, que actúa como primer prefiltro de material grueso, y luego vierte por gravedad a un canasto de acero inoxidable que actúa como segundo prefiltro.

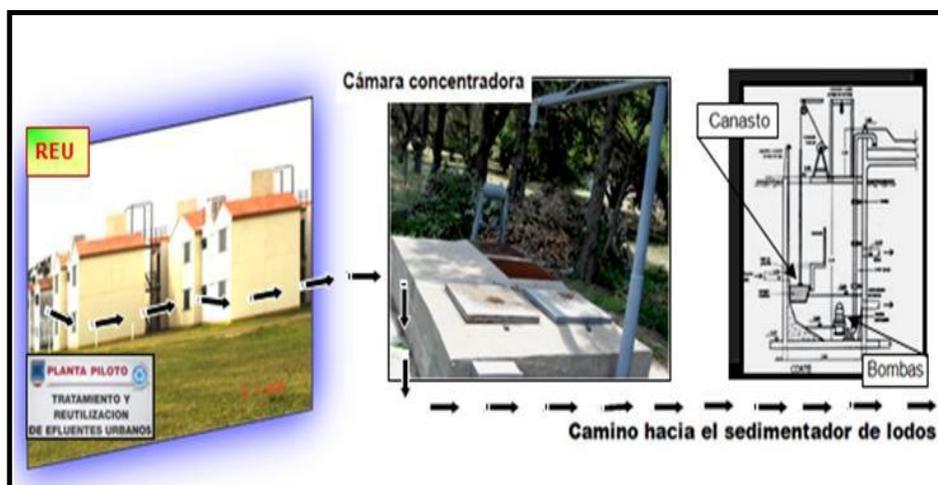


Figura 1. Conducción de los efluentes y pretratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

1.2.2 Pretratamiento

Desde la cámara receptora, por medio de bombas que operan alternativamente y en forma automática cada vez que se almacena un volumen de efluentes crudos de 3000 L, éstos son enviados hacia un tanque sedimentador de lodos. En la Tabla 3, se muestra la composición físico-química del efluente urbano crudo, que será sometido a tratamiento para poder reutilizarse en riego.

Tabla 3. Determinaciones analíticas del efluente crudo.

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

1.2.3. Tratamiento del agua residual

El tanque sedimentador (Figura 2), con un volumen de 10000 L y forma cónica, tiene por función concentrar el agua residual derivada y la deposición de lodos. En uno de sus laterales hay un orificio por el cual se descarga el agua cruda hacia un reactor biológico y por la parte inferior se captan los lodos que se derivan al proceso de biodigestión con generación de biosólidos, y en la parte superior queda el sobrenadante que se deriva a la 1ª laguna facultativa (Figura 3), con presencia de macrófitas, en la que permanecen los efluentes un tiempo de residencia hidráulico (TRH) de 13 días produciéndose una remoción del 97% de bacterias coliformes fecales y un 73% de coliformes totales.



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

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



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

Finalmente, el efluente pasa a una laguna de maduración donde actúa la luz UV para eliminar completamente los coliformes totales y de allí se capta para el riego de las parcelas experimentales.

El riego se llevó a cabo con un sistema por goteo, con una tubería de PVC de 50 mm de diámetro externo ubicada en la cabecera de la parcela, donde se colocaron, mediante conectores, cintas de goteo dispuestas entre las hileras de plantación, con tres emisores por metro lineal. El caudal de la tubería fue de aproximadamente 1 L hora^{-1} . Las determinaciones analíticas del efluente urbano tratado (EUT) se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Determinaciones analíticas del EUT utilizado en el riego de brócoli.

Determinación	Unidad	Valor	Determinación	Unidad	Valor
Sólidos sedimentables (120´)	mg L ⁻¹	0,80	Litio	mg L ⁻¹	nd†
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	nd†
Sólidos disueltos volátiles	mg L ⁻¹	210,0	Potasio	mg L ⁻¹	12,0
Sólidos suspendidos totales	mg L ⁻¹	252,0	Plomo	mg L ⁻¹	nd†
pH	UpH	7,82	Selenio	mg L ⁻¹	nd†
Conductividad eléctrica (C.E.)	dS m ⁻¹	1,13	Sodio	mg L ⁻¹	158,0
Turbiedad	FAU	263,5	Aluminio	mg L ⁻¹	0,99
Nitrógeno total	mg L ⁻¹	72,4	Arsénico	mg L ⁻¹	0,017
Cloruros	mg L ⁻¹	138,0	Cadmio	mg L ⁻¹	0,00014
Sulfatos	mg L ⁻¹	14,5	Calcio	mg L ⁻¹	50,0
Alcalinidad total	mg L ⁻¹	350,0	Zinc	mg L ⁻¹	0,11
Alcalinidad carbonatos	mg L ⁻¹	<1	Cobalto	mg L ⁻¹	nd†
RAS		7,3	Cobre	mg L ⁻¹	nd†
Fósforo total	mg L ⁻¹	3,2	Demanda Quím. O ₂	mg L ⁻¹	177,0
Hierro	mg L ⁻¹	1,3	Demanda Biol. O ₂	mg L ⁻¹	112,6

Referencias: nd† (No detectable)

2. Parcela 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 por goteo.

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 cm³ celda⁻¹). Posterior a la siembra,

estas bandejas se llevaron a una cámara de germinación, permaneciendo en la misma durante 48 hs con el objetivo de lograr condiciones ambientales uniformes durante esta etapa. El sustrato a utilizar fue turba *Sphagnum* enriquecida con aditivos marca Kekkilä.

Posteriormente las bandejas se trasladaron a un invernadero para la etapa de crecimiento de los plantines hasta el momento del trasplante, el cual se realizó cuando los mismos alcanzaron de 4 a 6 hojas verdaderas.

El híbrido utilizado fue Almanor F1 de la empresa Rijk Zwaan. La plantación del cultivo a campo se realizó a una densidad de 4,7 plantas m⁻², y en un marco de plantación de 0,60 m entre hileras y 0,35 m entre plantas. Previo a la plantación se realizó un análisis de suelo en el sitio, tomando muestras compuestas en un intervalo de 0 a 0,20 m, determinando: M.O.; N-NO₃⁻; NO₃⁻; P; K; pH y C.E. Tabla 5.

Tabla 5. Contenido de Materia Orgánica (MO), Nitrógeno de Nitratos (N-NO₃⁻), Nitratos (NO₃⁻), Fósforo (P), Potasio (K), pH y Conductividad Eléctrica (CE) de 0 a 20 cm de profundidad.

MO (%)	N-NO₃⁻ (ppm)	NO₃⁻ (ppm)	P (ppm)	K (cmol kg⁻¹)	pH	CE (dSm⁻¹)
2,23	24,4	108,3	37,4	2,01	7,09	0,25

2.3 Diseño Experimental

El diseño experimental se realizó en bloques completos al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes:

1. T: Testigo
2. Bio 100: Fertilización con Biosólidos (100 kg ha⁻¹)
3. Diatomea: Fertilización con Tierra de diatomeas (100 kg ha⁻¹)

Todos los tratamientos se regaron con efluentes urbanos tratados (EUT). La dosis de tierra de diatomeas se aplicó a los 15 días posteriores al trasplante y la dosis de biosólidos se realizó en dos etapas, la primera a los 15 días pos-trasplante y la segunda aplicación a los 45 días pos-trasplante. El tamaño de la parcela, subparcela y unidad experimental, fue de 108 mts², 7,2 mts² y 3,6 m², respectivamente. Al momento de la cosecha se analizaron las hileras centrales del cultivo de

cada subparcela correspondiente a la unidad experimental.

2.4 Cosecha del cultivo

La cosecha del cultivo 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.

2.4.1. Determinación de la calidad de las pellas o cabezas

Al momento de la cosecha se determinaron los principales atributos de calidad: diámetro de pella (cm), peso individual de la pella (g), diámetro de pedúnculo de la inflorescencia (cm) y rendimiento total (kg ha^{-1}) del cultivo expresado en peso fresco para cada uno de los tratamientos.

Todos los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante el programa Infostat (Di Rienzo, 2011), aplicando análisis de varianza, comprobando que los datos cumplieran los principios de normalidad y homogeneidad de varianza, y comparación de medias con el test de Fisher ($p \leq 0,05$).

2.4.2. Determinación de la calidad sanitaria

Para establecer la presencia de organismos perjudiciales para la salud se evaluó la calidad sanitaria de las pellas mediante análisis microbiológicos y parasitológicos al momento de la cosecha. Para ello, se tomaron muestras de todos los tratamientos, se colocaron en bolsas de polietileno identificadas y se enviaron a laboratorio para los análisis correspondientes.

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.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

1. Riego por goteo con EUT

La lámina de agua entregada durante el ciclo del cultivo fue de 293,5 mm distribuida en 15 riegos. El aporte realizado por las precipitaciones fue de 66,3 mm determinando una lámina de agua total en el ciclo del cultivo de 359,8 mm. En la Figura 4 se muestran las precipitaciones y la lámina de agua aplicada mediante riego por goteo con EUT desde el trasplante a la cosecha del cultivo.

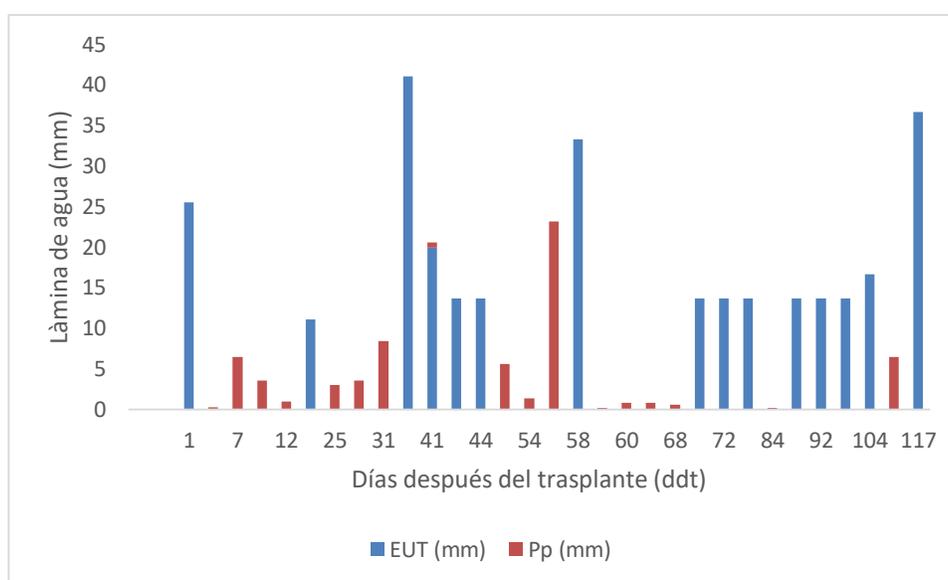


Figura 4. Precipitaciones y lámina de riego aplicada mediante riego por goteo con EUT desde el trasplante a la cosecha.

La lámina de riego aplicada se encuentra dentro del rango recomendado para brócoli (De Chaves, 2016). No obstante, la cantidad de agua necesaria a suministrar al cultivo siempre deberá ajustarse a cada situación en particular, según las condiciones edafoclimáticas, cultivares, sistemas de riego, entre otros (Risco *et al.*, 2018).

A partir de la caracterización de la calidad fisicoquímica y microbiológicas del EUT, fue posible identificar si la práctica de utilización en el riego de brócoli se efectuó conforme a las directrices internacionales (OMS, 2006) y las directrices locales (Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos, 2016).

La calidad fisicoquímica de los EUT determinó que fue apto para su uso en riego, pero con restricciones ligeras o moderadas, debido principalmente a la presencia de sodio, su contenido en sales y la relación con el RAS (Tchobanoglous y Burton, 1991; García Alvarez, 2012). Cuando el agua de riego presenta una elevada concentración de sodio puede ocasionar a mediano o largo plazo, deterioros en la estructura del suelo y reducción de la permeabilidad (Azpilcueta Pérez *et al.*, 2017).

En este estudio, no se observaron dificultades en la infiltración y movimiento de agua en el suelo, que puedan indicar algún tipo de alteración en la estructura del mismo. No obstante, de acuerdo a los niveles de sales y sodio, es necesario realizar mediciones continuas de las propiedades fisicoquímicas del suelo ante un uso prolongado de este EUT, para evitar riesgos de salinización e infiltración.

Algunos autores aconsejan alternar el uso de EUT con otras fuentes de agua para evitar problemas a largo plazo (Vergine *et al.*, 2017), en el estudio al emplearse en riego de cultivos a campo y considerando un régimen pluviométrico de 801 mm en la región (ADESUR, 1999), esto contribuiría a reducir en cierta medida potenciales inconvenientes.

Debido al origen urbano de los EUT, la presencia de metales pesados como cadmio, plomo y cromo no fueron significativos, ya que estos se relacionan generalmente a aguas provenientes de sectores industriales y minería (Rosas Rodríguez, 2001; Gómez Álvarez *et al.*, 2004). La presencia de bicarbonatos fue inferior a 90 mg L^{-1} , lo cual determinó que el EUT pueda utilizarse sin riesgos de acumulación de dichos compuestos (Kretschmer *et al.*, 2002).

1.2 Aporte de macronutrientes del Efluente Urbano Tratado y Biosólidos

De acuerdo a la lámina total de riego aplicada y las características analíticas de los EUT y biosólidos se realizó una estimación del aporte de macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) que recibieron los cultivares de brócoli. Los EUT aportaron una dosis de 211 kg ha^{-1} de N; $9,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de P y 35 kg ha^{-1} de K. El tratamiento con biosólidos (Bio 100) aportó 109 kg ha^{-1} de N y 72 kg ha^{-1} de P. Existen muchos estudios sobre fertilización en brócoli, algunos autores recomiendan aplicar dosis de $145, 57$ y 225 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 y K_2O para lograr un rendimiento fresco de pellas de $16,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ (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 Mg 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.

2. Calidad de pellas: Diámetro de pedúnculo, diámetro de pella y peso individual de pella

En brócoli, el diámetro del pedúnculo de la pella está relacionado directamente con el diámetro de la pella y es importante considerarlo ya que forma parte del órgano de consumo (De Chaves, 2016). El tratamiento Bio 100 presentó diferencias significativas en comparación a los tratamientos T y Diatomea.

En experiencias con riego con EUT, Gómez (2013) obtuvo valores de 27,5 mm de diámetro de pedúnculo en brócoli cv. Federer regado con EUT, pero sin lograr diferencias estadísticas significativas respecto a un testigo con agua de perforación. Sin embargo, Alonso (2015) logró resultados positivos en el diámetro del pedúnculo con valores promedios de 29,6 mm en cultivares regados con EUT bajo cobertura de mulching plástico. En relación a la variable diámetro de pella, las diferencias encontradas entre los tratamientos fueron de mayor magnitud en Bio 100 con aumentos de 0,95 cm y 1,54 cm en comparación a los tratamientos T y Diatomea, respectivamente.

En términos generales, diámetros de pella mayores a 16 cm se consideran grandes, de 12 a 16 cm se consideran medianas, y menores de 12 cm pequeñas (Cifuentes Ochoa, 2014), el presente ensayo se lograron diámetros medianos, siendo el tratamiento Diatomea aquel que presentó los resultados más desfavorables, incluso menores al tratamiento T. El diámetro de las pellas en brócoli puede variar según los cultivares, época del año y densidad de plantación, entre otros factores (Di Benedetto, 2005; Jaramillo y Díaz, 2006).

La variable peso de pella presentó una evidente diferencia entre los tratamientos, que fueron estadísticamente significativas a favor del tratamiento Bio 100, como se podía inferir con los datos obtenidos en diámetro de pella. Tabla 6.

Tabla 6. Diámetro de pedúnculo, diámetro de pella y peso de pella para cada tratamiento.

Tratamiento	Ø de Pedúnculo (cm)	Ø de Pella (cm)	Peso de pella (gr)
T	2,34 a	12,38 ab	172,32 a
Diatomea	2,42 a	11,79 a	158,56 a
Bio 100	2,77 b	13,33 b	259,68 b
CV	11,15	15,76	35,03
<i>p-valor</i>	0,0001	0,0702	0,0001

*Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas según test de LSD Fisher ($p \leq 0,05$)
Referencias: T (Testigo); Diatomea (Tierra de diatomea 100 kg ha⁻¹); Bio 100 (Biosólidos 100 kg ha⁻¹)*

En experiencias similares, García Peña (2004), trabajando con brócoli regado con efluentes urbanos tratados obtuvo una media de 587,67 g. en la variable peso de pella y 17,69 cm en diámetro

de pella. Agote (2013), evaluó el efecto de la aplicación de biosólidos en el cultivo de brócoli regado con efluentes urbanos tratados reportando valores de 13,63 cm, 2,95 cm y 263,74 g. para las variables diámetro de pella, diámetro de pedúnculo y peso de pella.

3. Rendimiento comercial

Considerando que los componentes del rendimiento comercial como diámetro de pella, peso individual de pellas y diámetro del pedúnculo mostraron una respuesta positiva en el tratamiento con biosólidos, también se observó la misma respuesta sobre la variable rendimiento comercial (kg ha^{-1}), no lográndose buenos resultados con la aplicación de Tierra de diatomeas. Tabla 7.

Agote (2013) obtuvo un rendimiento comercial de $10.800 \text{ kg ha}^{-1}$ y 8.900 kg ha^{-1} con aplicaciones de 150 y 100 kg ha^{-1} de biosólidos en un cultivar de brócoli de ciclo intermedio regado con EUT.

Los resultados obtenidos para estos tratamientos en rendimiento comercial de pellas frescas (kg ha^{-1}) fueron aceptables para un cultivo de ciclo intermedio. Tabla 7.

Tabla 7. Valores medios obtenidos en rendimiento comercial (kg ha^{-1}) para cada tratamiento.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)
T	8.205,55 a
Diatomea	7.549,73 a
Bio 100	12.365,4 b
CV	35,04
<i>p</i> -valor	0,0001

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

Referencias: T (Testigo); Diatomea (Tierra de diatomea 100 kg ha^{-1}); Bio 100 (Biosólidos 100 kg ha^{-1})

4. Calidad microbiológica del Efluente Urbano Tratado

En la Tabla 8 se presentan los datos microbiológicos de los EUT como resultado de evaluaciones realizadas en diferentes etapas del proceso de tratamiento hasta la utilización final en el riego del cultivo de brócoli.

Tabla 8: Determinaciones microbiológicas del EUT utilizado como fuente de agua para riego.

Etapas de Tratamiento	Coliformes totales (NMP 100 mL⁻¹)	Coliformes fecales (NMP 100 mL⁻¹)
Cámara concentradora de efluentes crudos	2,4 x 10 ⁷	1,1 x 10 ⁶
Primera laguna facultativa	7,0 x 10 ⁵	4,0 x 10 ⁵
Segunda laguna facultativa	4,6 x 10 ⁴	7,5 x 10 ³
EUT para riego	1.100	240

Como resultado de la cuantificación de microorganismos patógenos en diferentes etapas del proceso de depuración de los efluentes, se observó una notable disminución en la presencia de bacterias coliformes, llegando a alcanzar niveles inferiores a los recomendados (<1000 NMP 100 mL⁻¹) según las directrices internacionales (OMS, 2006), para el riego de cultivos de categoría A, que se corresponderían con las hortalizas crudas como es el caso de brócoli; sin embargo, los valores logrados luego del proceso de depuración fueron ligeramente superiores si se comparan con los propuestos según las directrices provinciales (<200 NMP 100 mL⁻¹), ya que son más estrictas para la misma categoría de cultivos.

5. Calidad sanitaria del brócoli

La evaluación de la inocuidad de las pellas cosechadas se resume en la Tabla 9, donde se muestran los resultados de los análisis microbiológicos y parasitológicos realizados sobre las pellas frescas de brócoli al momento de la cosecha.

Tabla 9. Recuento de microorganismos y parásitos en pellas frescas de brócoli a cosecha.

Determinación	Unidad ^(*)	EUT
Recuento Coliformes Totales	UFC g ⁻¹	1,02 x 10 ⁵
Recuento Coliformes Fecales	Mo g ⁻¹	< 10
Recuento <i>E. coli</i> O157: H7/NM	Mo g ⁻¹	< 10
Recuento <i>Salmonella spp</i>	A/P	Ausencia
Larvas parasitarias	A/P	Ausencia
Huevos de céstodos,	A/P	Ausencia
Nemátodos y ooquistes	A/P	Ausencia

(*) UFC g⁻¹: Unidades Formadoras de Colonia por gramo de muestra; Mo g⁻¹: Microorganismos por gramo de muestra; A/P: Ausencia/Presencia.

De acuerdo a estos resultados, se puede observar que en el recuento de microorganismos los niveles detectados de *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* sobre las pellas frescas de brócoli se encontraron por debajo de los límites de tolerancia establecidos en el Código Alimentario Argentino, por lo cual, las pellas se fueron aptas para su consumo directo en fresco.

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). Desde el punto de vista parasitológico si bien 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 implica necesariamente la contaminación de los cultivos (Vergine *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

- La calidad de las pellas de brócoli determinada por su diámetro y peso individual se incrementó con la utilización de biosólidos.
- El rendimiento total (kg ha^{-1}) aumentó significativamente con el uso de biosólidos.
- La tierra de diatomeas no tuvo efectos positivos sobre la calidad de las pellas y rendimiento total del brócoli.
- Los análisis microbiológicos sobre las pellas determinaron ausencia de patógenos perjudiciales para el ser humano, por lo cual las pellas fueron aptas para su consumo directo en fresco.
- Los resultados del estudio demostraron la viabilidad de reutilizar EUT y biosólidos para la producción de brócoli, considerando un adecuado tratamiento de los efluentes crudos mediante lagunas de maduración que permitan disminuir la carga de microorganismos y parásitos patógenos presentes en este tipo de aguas.

BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- AGOTE, A. (2013). Efectos de la aplicación de biosólidos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. italica Plenck) regado por goteo con efluentes urbanos tratados. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.
- ALONSO, J. W. (2015). Efectos del mulching plástico y la aplicación de biosólidos sobre la productividad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. itálica Plenck) regado con eflunetes urbanos tratados. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.
- ANDERSON, R.A. 2005. *Algal Culturing Techniques*. Elsevier Academic, California, USA.
- 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.
- AZPILCUETA PÉREZ, M. E.; A. PEDROZA SANDOVAL; I. SÁNCHEZ COHEN; S. JACOBO; M. DEL ROSARIO y R. TREJO CALZADA. (2017). Calidad química del agua en un área agrícola de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en la Comarca Lagunera, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33 (1), 75-83 p. DOI: 10.20937/RICA.2017.33.01.07
- 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.; G. GATTA; A. BEVILACQUA; A. LIBUTTI; E. TARANTINO; M. BELLUCCI y G. SPANO. (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.
- BERTRANOU, A. y E. ARAUJO. 2002. Investigación sistémica sobre regímenes de gestión del agua. Caso Mendoza. INA-CELA. Ed. Global Partnership. Mendoza. Argentina.
- BJORKMAN, T. y K. PEARSON. 1995. Sensitivity of broccoli inflorescence development to high temperature. *HortScience*, 30(4), 885-885.

- BORGES, E.; ESCOBAR I. M.; CABRERA J. A.; CARBAJAL E. y CABALLERO A. 2010. Aplicación de biosólidos en el cultivo de plántulas de tomate.
- BOROWITZKA, M. 1995. Microalga as sources of pharmaceuticals and otherbiologicall active compounds.J Appl. Phycol. 7: 3-15.
- 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: 10-10-2015.
- CARRILLO RIOFRÍO, F. M. 2011. Evaluación de la eficiencia de seis mezclas de fertilizantes inorgánicos en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica). Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Riobamba. Ecuador.
- CASTELLANOS, J.; I. LAZCANO; A. SOSA; B. BADILLO y S. VILLALOBOS. (2000). Monitoreo nutrimental y fertilización nitrogenada: bases para altos rendimientos y calidad de brócoli cultivado en vertisoles ricos en potasio de la parte central de México. Informaciones Agronómicas, 4 (2), 11-14 p.
- CEPIS. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. 2002. 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 ferthigue 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.epoch.edu.ec/handle/123456789/3593>. Consultado: 20/09/2018.
- 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.; 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, N°: 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. 18° Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente. Buenos Aires, Argentina. Pp 1 – 18.
- D'ANDREA, M. G.; V. GARCÉS; G. S. BARBOZA; V. I. LIBERAL; S. R. ÁLVAREZ y L. SEGHEZZO. 2014. Reúso de aguas residuales domésticas en la actividad agropecuaria: el caso de Cafayate, Salta. Acta de la XXXVII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 2, pp. 01.31-01.40. ISBN 978-987-29873-0-5
- DE CHAVES, A. B. G. 2016. Estudio del comportamiento de cultivares de brócoli y determinación de las necesidades hídricas y coeficiente de cultivo 'Kc'. Tesis de Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural.
- DI BENEDETTO, A. 2005. Manejo de cultivos hortícolas: Bases ecofisiológicas y tecnológicas. 1ed. Orientación gráfica editora. Buenos Aires.
- DI RIENZO J. A.; F. CASANOVES; M. G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA y C. W. ROBLEDO. 2011. 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 (*Brassicaoleraceavar. itálica*) en la comunidad Gatazo Zambrano provincia Chimborazo. Tesis de grado. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba, Ecuador.
- EPA. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2000. "Folletos informativos de biosólidos de la Epa". Septiembre 2000.

- EPSTEIN, E. 1999. "Silicon". En: Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology. Vol. 50. pp. 641-664.
- 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.; 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 UN Cuyo, tomo XXXVI. N° 1. Mendoza, Argentina. Pp 31 - 40.
- FAO. 2013. Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?. Informe sobre temas hídricos. ISSN: 1020-1556. En: <http://www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf>
- FAO/OMS. 2016. Directrices sobre la aplicación de los principios generales de higiene de los alimentos al control de los parásitos transmitidos por el consumo de alimentos CAC/GL 88-2016. Normas Internacionales de los Alimentos. Codex Alimentarius. En: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCAC%2BGL%2B88-2016%252FCXG_088s.pdf
- FERNÁNDEZ LEÓN, M. F. 2012. Evolución de los parámetros de calidad físico-química y funcional de distintas bráscas sometidas a diferentes tratamientos postcosecha (Disertación Doctoral, Universidad de Extremadura).
- FLOWER, R. J. 2007. Diatom Methods/Quaternary Geological Records. Encyclopedia of Quaternary Science. University College London, London, UK. Pág 507-514.
- GÁMEZ, M. R.; A. V. PÉREZ; A. S. SERÁ y Z. M. RONQUILLO. 2017. Renewable Energy Sources and Local Development. International Journal of Social Sciences and Humanities (IJSSH), 1 (2), 10-19.
- GARCÍA ALVAREZ, O. 2012. Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. IAH, 7, 27-36 p. En: [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/\\$FILE/6%20Art.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/$FILE/6%20Art.pdf) Consultado: 11/09/2018.

- 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>
- GOLOB, P. 1997. Current and future perspective for inert dusts for control of stored product insects. J. StoredProd. Res. 33: 69-79.
- GÓMEZ ÁLVAREZ, A.; A. VILLALBA ATONDO; G. ACOSTA-RUÍZ; M. CASTAÑEDA OLIVARES y D. KAMP. 2004. Metales pesados en el agua superficial del Río San Pedro durante 1997 y 1999. Revista internacional de contaminación ambiental, 20 (1), 5-12 p. En: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/23124/21932> Consultado: 10/09/2018.
- GONZÁLEZ GONZÁLEZ, M. I. y S. C. RUBALCABA. 2011. Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura. Revista cubana de salud pública, 37(1), 0-0.
- 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.
- GROSSO, L.; D. RAMOS; V. BRIZUELA; M. RODRÍGUEZ; L. PENA y R. CRESPI. 2005. Cultivares de ajo (*Allium sativum* L.) regados con efluentes urbanos tratados. Rev. Asociación Argentina de Horticultura. Vol. 24. N° 56/57. General Roca, Río Negro. Pp 114.
- GÓMEZ, J. M. (2013). Producción de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) regado por goteo, con efluentes urbanos tratados, aplicación de biosólidos y cobertura del suelo con paja. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.
- GUERRERO, M., VÁZQUEZ, A., & RODRÍGUEZ, M. 2018. La zeolita en la descontaminación de aguas residuales. Universidad, Ciencia y Tecnología, 1(2), pp. 109-117. ISSN 1316-4821 / 2542-3401.
- GUNES, A, A. INAL, EG. BAGCI y DJ. PILBEAM 2007. Silicon-mediated changes of some physiological and enzymatic parameters symptomatic for oxidative stress in spinach and tomato grown in sodic-β toxic soil. PlantSoil 290: 103-114.
- 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.
- HIPP, B. 1974. Influence of nitrogen and maturity rate on hollow stem in bróccoli. HortScience, 9: 68-69. Citado en: DE CHAVES, A. B. G. (2016). Estudio del comportamiento de cultivares de brócoli y determinación de las necesidades hídricas y coeficiente de cultivo 'Kc'. Tesis de Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural.
- 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.
- JONES, A. R.; SANDERS D. C. y R. J. DUFAULT. 1990. Early temperatures influence broccoli growth and head quality. Hortscience, 25(8), 865-865.
- JONES, V. 2007. Diatom introduction. Encyclopedia of Quaternary Science. Pages 476-484.
- JONG-YUH, S. 2005. Potencial hypoglycemic affects of *Chorella* in streptozotocin-induced diabetic mice. LifeSci. p 77: 980-990.
- KALAVROUZOTIS, I. K.; P. H. KOUKOULAKIS y A. MEHRA. 2010. Quantification of elemental interaction effects on Brussels sprouts under treated municipal wastewater. Desalination, 254 (1-3), 6-11.
- KRARUP, C. H. 1992, Seminario sobre la producción de brócoli. Quito (Ecuador), PROEXANT. pág. 25.

- KRETSCHMER, N.; L. RIBBE y H. GAESE. 2002. Wastewater reuse for agriculture. *Technology Resource Management & Development-Scientific Contributions for Sustainable Development*, 2, 37-64 p.
- LARDIZÁBAL, R. y M. THEODORACOPOULOS. 2008. Manual de producción. Producción de Brócoli. USAID-RED Proyecto de Diversificación Económica Rural. Honduras. 37 p.
- LESTRANGE, M.; K. MAYBERRY; S. KOYKE y J. VALENCIA. 2003. Producción de brócoli en California. Centro de información e investigación de Hortalizas, serie producción de hortalizas. University of California – Division of Agriculture and Natural Resources Publication 7211-Spanish. Citado en: PUENAYAN, A.; F. CÓRDOBA y A. UNIGARRO. (2010). Respuesta del brócoli *Brassica oleracea* var. itálica L. Híbrido Legacy a la fertilización con N-P-K en el municipio de Pasto, Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 27 (1), 49-57 p.
- LETEY, J.; M. JARREL; N. VALORAS y R. BEVERLY. 1983. Fertilizer application and irrigation management of broccoli production and fertilizer use efficiency. *Agronomy Journal*, 75: 502-507. Citado por: DE CHAVES, A. B. G. (2016). Estudio del comportamiento de cultivares de brócoli y determinación de las necesidades hídricas y coeficiente de cultivo 'Kc'. Tesis de Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural.
- LIN, C. M.; MOON, S. S.; DOYLE, M. P. y K. H. MCWATTERS. 2002. Inactivation of *Escherichia coli* 0157 :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).
- LURASCHI, M. y T. F. RAUEK. (2017). Uso de Aguas Residuales en Agricultura, Mendoza-Argentina. Departamento General de Irrigación. En: <http://www.uncuyo.edu.ar/desarrollo/upload/3-luraschi-compressed.pdf>
- 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.

- MARTIN-JÉZÉQUEL, V.; M. HILDEBRAND y M.A. BRZEZINSKI. 2000. Silicon metabolism in diatoms: implications for growth. *J. Phycol.* 36: 821-840.
- MARTÍNEZ, J. C., J. T. HINOJOSA, L. H. ROMERO, E. S. OLIVARES, F. C. MONTES, y S. S. BOLIVAR. 2001. Residual effects of biosolids in cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) regarding yield, essential and heavy metal concentration in heads and soil. En: <http://www.iwaponline.com/wio/2002/06/wio200206009.htm>
- MARTÍNEZ, L. F., MARTÍNEZ, S. A. y CUEVAS, R. S. 2013. Efecto de la tierra de diatomeas en las propiedades químicas del suelo en el cultivo de maíz. Universidad autónoma del estado de México.
- METCALF & EDDY, INC. 2003. Wastewater engineering, treatment, disposal and reuse. Fourth Edition, Ed. McGraw-Hill.
- MILLIGAN, A.J. y F.M. MOREL. 2002. A Proton Buffering Role for Silica in Diatoms. *Science* 297: 1848-1850.
- MAGAP. MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA. 2013. Boletín situacional: Brócoli. Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Ecuador.
- MINISTERIO DE AGUA, AMBIENTE Y SERVICIOS PÚBLICOS. (2016). Anexo único. Reglamentación de estándares y normas sobre vertidos para la preservación del recurso hídrico provincial. En: [http://web2.cba.gov.ar/Web/Leyes.nsf/0/37756ff5e7ed18be032580910054765a/\\$FILE/847-16%20ANEXO%20UNICO.pdf](http://web2.cba.gov.ar/Web/Leyes.nsf/0/37756ff5e7ed18be032580910054765a/$FILE/847-16%20ANEXO%20UNICO.pdf) Consultado: 05/12/2017.
- MWEGOHA, W.M. y R.J. JORGENSEN. 1977. Recovery of infective 3rd stage larvae of *Haemonchus contortus* and *Ostertagia ostertagi* by migration in agar gel. *Acta Vet. Scand.*, 18: 293-299 p.
- NOLASCO B. J.; A. OUTEIRIÑO PERÉZ; J. MONZÓ BERENGUER; A. GONZÁLEZ BENAVENTE-GARCÍA y J. LÓPEZ MARÍN. 2005. Aplicación de fertilizantes encapsulados en cultivo de brócoli en Murcia. *Horticultura Internacional*. 50: 10-14 p.
- 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.
- OMS. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater - Volume 2. Wastewater use in agriculture. En: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gsuweg2/en/
- OZORES-HAMPTON, MENDEZ, J. 2010. Uso de biosolidos en producción de hortalizas.
- PASCUAL ANTÓN, J. 1994. Brócoli. Su cultivo y perspectivas. *Horticultura*, 97: 21-25 p.

- PUENAYAN, A.; F. CÓRDOBA y A. UNIGARRO. 2010. Respuesta del brócoli *Brassica oleracea* var. itálica L. Híbrido Legacy a la fertilización con N-P-K en el municipio de Pasto, Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas, 27(1), 49-57 p.
- 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.
- RAMOS, V.; H. EGUEZ, L. LADINES y P. CARRIÓN. 2004. Perspectivas de la explotación y aplicación de tierra de diatomeas en la península de Santa Elena. Revista Tecnológica. Junio. Vol. 17, No.1.
- 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.
- RISCO, D.; A. GUTIÉRREZ; J. VAL FALCÓN; J. LEÓN; A. DÍAZ SIMÓN; P. BENALCÁZAR y H. PRIETO. 2018. Programación de riego en brócoli (*Brassica oleracea* L. cv. itálica) en los Andes ecuatorianos. Rev. IDESIA 36 (1). 57-63 p.
- RIVERA, R.; O. PALACIOS; J. CHÁVEZ; A. BELMONT; I. NIKOLSKII; M. A. DE LA ISLA; A. GUZMÁN; L. TERRAZAS y R. CARRILLO. (2007). Contaminación por coliformes y helmintos en los ríos Texcoco, Chapingo y San Bernardino tributarios de la parte oriental de la cuenca del Valle de México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 2, 23.
- ROMERO-ARANDA, M, O. JURADO y J. CUARTERO 2006. Silicon all eviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. J. Plant Physiol.163: 847-855.
- ROSAS RODRÍGUEZ, H. (2001). Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat. Tesis. Universitat Politècnica de Catalunya. En: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/94296> Consultado: 18/10/2018.
- ROUND, FE.; R.M. CRAWFORD y D.G. MANN 1990. The diatoms Cambridge University Press, Cambridge, P 747.
- 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: 21/08/2018
- SAJAL PATI; BIPLAB PAL; SHRIKANT BADOLE; GORA CHAND HAZRA y BISWAPATI MANDAL. 2014. Effect of Silicon Fertilization on Growth, Yield, and Nutrient Uptake of Rice. India.

- SANDOVAL YOVAL, M. I. L. 2004. Cultivo de Hortalizas con Aguas Residuales Tratadas. En: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloV/4CultivodeHortalizasLuciano.pdf> Consultado: 17/10/2018.
- 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.
- SARTOR, A. y O. CIFUENTES. 2012. Propuesta de Ley Nacional para reuso de aguas residuales. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina. En: http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/aidis_ley_reuso_aguas.pdf
- SFA. SUBSECRETARIA DE FOMENTO A LOS AGRONEGOCIOS. 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.
- 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, L. M. 2012. Evaluación de la eficacia de ocho mezclas de Fertilizantes Inorgánicos en el rendimiento y rentabilidad del cultivo de Brócoli (*Brassicaoleraceavar. itálica*) en la comunidad Gatazo Zambrano provincia.
- TAMAYO VELÉZ, A. 2006. Suelos y Fertilización. Citado en: JARAMILLO N. J. E. y. A C. D. DIAZ. (2006). El Cultivo de las Crucíferas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 4. 176 p.
- TCHOBANOUGLOUS, G. y F. L. BURTON. 1991. Wastewater Engineering Treatment, Disposal y Reuse. 3ra ed. 1331 p.
- TEUSCHER E. 1965. A new single method of examine faeces for diagnosis of helminth disease of ruminants. Zentralb Veterinärmed 12, 241-248 p.
- USGS (United States Geological Survey), 2008. USGS Minerals Information – Diatomite. Available at <http://minerals/pubs/commodity/diatomite/#pubs>. Consultado: 15-10-2015.
- UTRIA, E.; I. M. REYNALDO; J. A. CABRERA; D. MORALES y S. GOFFE. 2008. Los biosólidos de aguas residuales urbanas aplicados con diferentes frecuencias en las propiedades químicas y microbiológicas del suelo, el rendimiento y la calidad de los frutos

de tomate (*Solanumlycopersicum*Mill). Rev. Cultivos Tropicales. Vol. 29. N° 4. Cuba. Pp 5 - 11.

VÉLEZ ZULUAGA, J. 2007. Los biosólidos. ¿Una solución o un problema? Producción más limpia. Vol. 2 N° 2. 15 Pág. Colombia.

VERGINE, P.; C. SALERNO; A. LIBUTTI; L. BENEDUCE; G. GATTA; G. BERARDI y A. POLLICE. 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. 2da Edición. 3ra Reimpresión. Hemisferio Sur. Buenos Aires.