



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

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

**PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L. var.  
*itálica* Plenck) REGADO POR GOTEÓ, CON EFLUENTES  
URBANOS TRATADOS, APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS  
Y COBERTURA DEL SUELO CON PAJA**

**JOSÉ MARÍA GÓMEZ**

D.N.I. 30336709

**DIRECTOR:** Ing. Agr. Dr. Crespi, Raúl

**CO-DIRECTOR:** Ing. Agr. Ramos, Diego

**Río Cuarto-Córdoba**

**Noviembre 2013**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

Título del Trabajo Final: **“PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L. var. *itálica* Plenck) REGADO POR GOTEO CON EFLUENTES URBANOS TRATADOS, APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS Y COBERTURA DEL SUELO CON PAJA”**

Autor: Gómez, José María  
DNI: 30.336.709

Director: Ing. Agr. Dr. Crespi, Raúl  
Co-Director: Ing. Agr. Ramos, Diego

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

Ing. Agr. Dr. Crespi, Raúl \_\_\_\_\_

Ing. Agr. M.Sc. Grosso, Liliana \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Rosas, María José \_\_\_\_\_

Fecha de Presentación: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Aprobado por Secretaría Académica: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Secretario Académico \_\_\_\_\_

## ÍNDICE DE TEXTO

Índice general.....	III
Índice de tablas.....	V
Índice de figuras.....	VI
Resumen.....	VIII
Summary.....	IX
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1- Importancia del cultivo.....	1
2- Reutilización del agua residual tratada.....	2
3- Aplicación de biosólidos.....	5
4- Uso de coberturas orgánicas.....	8
<b>II. ANTECEDENTES.....</b>	<b>10</b>
<b>III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
<b>IV. MATERIALES y MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
1- Características ambientales.....	13
2- Planta de tratamiento y reutilización de efluentes urbanos.....	13
3- Instalación de la red cloacal.....	14
4- Pretratamiento.....	14
5- Tratamiento del agua residual.....	16
6- Generación de biosólidos.....	18

<b>7- Sistema de riego por goteo.....</b>	<b>20</b>
<b>8- Características del ensayo.....</b>	<b>20</b>
<b>9- Plantación.....</b>	<b>20</b>
<b>8-Tratamientos.....</b>	<b>21</b>
<b>10- Cosecha.....</b>	<b>23</b>
<b>11 -Análisis microbiológicos.....</b>	<b>23</b>
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>1- Cobertura del suelo con paja de moha.....</b>	<b>25</b>
1.1 Temperatura del suelo.....	25
1.2 Evaluación de malezas.....	26
<b>2- Aporte nutricional al cultivo.....</b>	<b>27</b>
<b>3-Cultivo de Brócoli.....</b>	<b>27</b>
2.1 Diámetro de pella.....	27
2.2 Diámetro de pedúnculo.....	27
2.3 Peso de pella.....	27
<b>4- Rendimiento.....</b>	<b>30</b>
<b>5- Calidad sanitaria .....</b>	<b>31</b>
.	
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>33</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Determinaciones analíticas del efluente urbano tratado. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	15
<b>Tabla 2.</b> Características agroecológicas de los biosólidos. Planta Piloto .UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	18
<b>Tabla 3.</b> Diferencias de temperaturas medias para la situación con cobertura vegetal con paja de moha y sin cobertura vegetal. UNRC. Río Cuarto. Córdoba...	25
<b>Tabla 4.</b> Evaluación de malezas en los diferentes tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	26
<b>Tabla 5.</b> Característica nutricional de la enmienda orgánica .UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	27
<b>Tabla 6.</b> Diámetro de pella, Diámetro de pedúnculo y peso de pella en función de los diferentes tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	28
<b>Tabla 7.</b> Rendimiento medio ( $t\ ha^{-1}$ ) de brócoli en función de los diferentes tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Composición de aguas residuales urbanas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	4
<b>Figura 2.</b> REU y trabajos previos de interconexión cloacal. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	14
<b>Figura 3.</b> Conducción de los efluentes y pre tratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	14
<b>Figura 4.</b> Efluente crudo y tanque sedimentador de lodos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	17
<b>Figura 5.</b> Tratamiento convencional de los efluentes. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	17
<b>Figura 6.</b> Proceso de biodigestión de lodos urbanos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	18
<b>Figura 7.</b> Determinación de la dosis de biosólidos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	19
<b>Figura 8.</b> Aplicación de biosólidos en brócoli. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	19
<b>Figura 9.</b> Línea secundaria y laterales de riego por goteo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	20
<b>Figura 10.</b> Diferentes tratamientos en la unidad experimental. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	21

<b>Figura 11.</b> Aporte de agua durante el ensayo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	21
<b>Figura 12.</b> Medición de la temperatura. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	22
<b>Figura 13.</b> Cosecha. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	23
<b>Figura 14.</b> Temperatura media en función de los tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	25
<b>Figura 15.</b> Desarrollo de malezas en relación a los diferentes tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	26
<b>Figura 16.</b> Diámetro de pella según el tratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	28
<b>Figura 17.</b> Diámetro de pedúnculo según tratamiento .UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	29
<b>Figura 18.</b> Peso de pella en función del tratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	29
<b>Figura 19.</b> Rendimiento medio ( $t\ ha^{-1}$ ) en función del tratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	31

## RESUMEN

La reutilización de aguas residuales tratadas y biosólidos, constituyen un valioso recurso para la producción hortícola. Con el objetivo de evaluar el rendimiento y la calidad sanitaria, se plantó el 31 de Agosto del 2011, Brócoli a una densidad de 4,07 plantas.m<sup>-2</sup> (0,70 m entre surcos y 0,35 m entre plantas) en un diseño experimental de bloques completos al azar, con 4 (cuatro) tratamientos y 4 (cuatro) repeticiones. En brócoli se evaluó la aplicación al suelo de una dosis de biosólidos (con un contenido de 91% de humedad), la disposición sobre el suelo de una cobertura vegetal de paja de moha a razón de 2 kg m<sup>-2</sup> y un testigo. Los tratamientos fueron: 1- Biosólido+cobertura con paja (Bio+CcPj), 2-Biosólido (Bio), 3-Cobertura con paja (CcPj), 4-Testigo (T). Todos los tratamientos fueron regados por goteo con efluentes urbanos tratados, siendo la lámina aplicada de 98 mm, y por precipitación efectiva de 191 mm. La dosis de biosólidos se aplicó en forma manual en 2 momentos entre los 40 y 80 días del ciclo, momento en el cual el cultivo se encontraba en la fase lineal de crecimiento. Es importante destacar que los aportes de nutrientes de Bio fueron: 94 kg ha<sup>-1</sup> N, 71 kg ha<sup>-1</sup> P y 40,5 kg ha<sup>-1</sup> de K. Los rendimientos obtenidos en cada tratamiento fueron: Bio 6,2 t ha<sup>-1</sup>, Testigo (T) 6,6 t ha<sup>-1</sup>, CcPj 6,9 t ha<sup>-1</sup> y Bio+CcPj 7,3 t ha<sup>-1</sup>. Los análisis bacteriológicos de las pellas confirmaron ausencia de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*, demostrándose que estas tecnologías permitieron aumentar el rendimiento sin afectar la calidad sanitaria.

**Palabras claves:** brócoli, efluentes tratados, biosólido, enmienda orgánica, calidad sanitaria, coberturas vegetales.



## SUMMARY

The reuse of treated wastewater and biosolids are a valuable resource for horticultural production. In order to evaluate the performance and quality care, was planted on August 31, 2011, at a density 4.07 Broccoli plants.m<sup>-2</sup> (0.70 m between rows and 0.35 m between plants) in a experimental design of randomized complete block with four (4) treatments and 4 (four) repeats. Broccoli was assessed land application of biosólids (with 91% humidity), the provision on the floor of a traw mulch moha at 2 kg m<sup>-2</sup> and a witness. The treatments were: 1- biosolid + straw coverage (Bio+CcPj) , 2- Biosolid (Bio), 3- cover with straw (CcPj), 4-witness (T).All treatments were drip irrigated with treated urban effluent, with the film applied to 98 mm, and 191 mm effective precipitation. The biosolids applied manually in two times between 40 and 80 days of the cycle, at which the cultivation is in the linear phase of growth. Importantly nutrient inputs Bio 50 were: 94 kg ha<sup>-1</sup> N, 71 kg ha<sup>-1</sup> P and 40, 5 kg ha<sup>-1</sup> K. The yields obtained in each treatment were: Bio 6,2 t ha<sup>-1</sup>, Witness (T) 6,6 t ha<sup>-1</sup>, CcPj 6,9 t ha<sup>-1</sup>, and Bio+CcPj 7,3 t ha<sup>-1</sup>.Bacteriological analysis of the pellets confirmed absence of *Escherichia coli* and *Salmonella sp.*, Demonstrating that these technologies allowed increase performance without affecting the health quality.

**Key words:** broccoli, treated effluent, biosolids, organic amendment, health quality vegetable toppings.



## INTRODUCCIÓN

### Importancia del cultivo

Las crucíferas ofrecen un importante número de especies que son consumidas tanto al estado fresco como congeladas y envasadas (productos IV gama). Dentro de ellas se encuentran los repollos, brócolis, coliflores, rúcula, rabanito, entre otras (Aprea, 2008).

El origen del brócoli o brécol se asienta en los países con climas templados a orillas del Mediterráneo oriental, en Oriente Próximo. La Península de Anatolia, Líbano o Siria acogerían los primeros ejemplares de esta planta provenientes de una especie silvestre común con las coles y coliflores. Durante la época de dominio del Imperio Romano, esta hortaliza llegaría hasta la Península Itálica donde fue cultivada para consumo, llegando a ser muy popular en el país trasalpino. Pero sería mucho más tarde, a mediados del siglo XX, cuando su producción se desarrollaría en Europa (Región Murcia Digital, 2012).

En la actualidad su cultivo se extiende por Europa, diversas naciones asiáticas donde se destaca Japón y en Estados Unidos. Este último país es el mayor productor mundial, gracias a las plantaciones ubicadas en California que poseen un clima muy similar al del arco mediterráneo (Región Murcia Digital, 2012).

El brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) es una crucífera de gran importancia económica a nivel mundial, esta se cultiva anualmente por sus pellas, que se consumen principalmente como verduras crudas, cocidas, en encurtidos o industrializadas (Nuez *et al.*, 1999).

La aptitud dietética del brócoli es la siguiente: Proteínas 5,45g/100 g de producto comestible, glúcidos 4,86 g/100 g, valor energético 42 cal/100 g, vitamina A 3500 UI, vitamina B 100 mg/100g, vitamina B2 210 mg/100g, vitamina C 130 mg/100 g, fósforo 76 mg/100 g, hierro 1,3 mg/100 g (Beecher, 1994).

La demanda de brócoli está aumentando en todo el mundo, especialmente en los países desarrollados, consecuencia de los cambios en los hábitos de alimentación. Dentro de ese

contexto, las posibilidades de exportación aparecen como una alternativa importante para los productores hortícolas (Beecher, 1994).

Su consumo se ha visto incrementado al reconocerse importantes efectos beneficiosos sobre la salud. Concretamente, se le atribuye un efecto protector frente a diversos tipos de cáncer: pulmón, próstata, mama, endometrio, útero y tumores relacionados con el tracto gastrointestinal (estómago, hígado, colon), que parece ser debido a su gran contenido en nutrientes antioxidantes (beta-carotenos y vitamina C), fibra (soluble e insoluble) y sustancias fitoquímicas (glucosinolatos/isotiocianatos/indoles) entre las que destaca el sulforafano (isotiocianato) y el indol-3-carbinol (indol), que actúan fundamentalmente, aumentando la actividad de ciertas enzimas cuya función es eliminar del organismo algunos agentes cancerígenos o bloquear su acción. Sin embargo, estos compuestos también pueden desarrollar su actividad anticancerígena a través de otros mecanismos (Beecher, 1994).

Nuestro país presenta un desarrollo económico creciente, tal es así que en la década de los "80" se consumían 0,5 kg por habitante por año y para el periodo comprendido entre 1990-1995 los volúmenes de comercialización habían crecido un 265% (Aprea, 2008).

### **Reutilización del agua residual tratada**

La escasez cada vez mayor de aguas dulces debido al crecimiento demográfico, y la urbanización ha dado lugar al uso creciente de aguas residuales para la agricultura, la acuicultura, la recarga de aguas subterráneas y otras áreas. La reutilización de los efluentes es una alternativa válida toda vez que se comprenda que constituye un recurso y no un desperdicio (Fulhage, 1993, citado en Crespi *et al.*, 2003). Además su implementación es considerada segura y aceptable produciendo importantes rendimientos en cantidad y calidad (Asano *et al.*, 1992, citado en Crespi *et al.*, 2003).

La creciente demanda del recurso hídrico obliga a priorizar el uso de aguas de primera calidad para el abastecimiento público y aprovechar aguas de menor calidad en usos menos exigentes, como es el riego agrícola. La calidad bacteriológica del agua residual se establece a partir del número de coliformes fecales y de la presencia de bacterias patógenas como

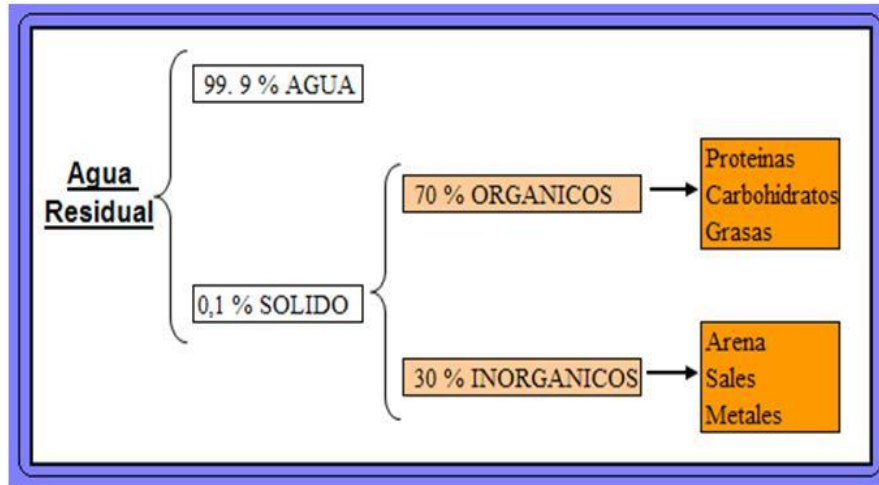
*Salmonella*, *Shingella* y *Cholera*. No hay un consenso sobre el número máximo de coliformes para el agua de riego (Bouwer e Idelovitch, 1997). La organización mundial de la salud, establece que para el riego "sin restricción" (es decir, para cualquier tipo de cultivo) el agua no debe tener más de 100 coliformes fecales/100 ml (Pescod, 1992), mientras que en california y arizona, las aguas residuales depuradas para el riego de cultivos que se consumen crudos (hortalizas como por ejemplo, la lechuga) no pueden tener una media geométrica superior a 20 coliformes fecales/100 ml, y ninguna muestra puede tener más de 23-25 coliformes fecales/100ml (Bouwer e Idelovitch, 1997).

Cabe destacar que, además del potencial que ofrecen los efluentes domésticos como oferta de agua para riego, son una importante fuente de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio) y de materia orgánica para cultivos (Moscoso y Gunther Merzthal, 2001). El tratamiento de las aguas residuales es generalmente un proceso que se realiza en varios pasos, en los que se utilizan tratamientos químicos y biológicos.

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

La reutilización de efluentes residuales tratados en el riego agrícola garantiza una fuente constante y segura de líquido aún en años secos, un aporte continuo de nutrientes y 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.*, 2005).

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



**Figura 1.** Composición de aguas residuales urbanas. UNRC. Río cuarto. Córdoba.

El uso en la agricultura de efluentes tratados, está basada en aprovechar los nutrientes contenidos en el agua para el desarrollo de los cultivos, además este riego preserva la fertilidad y la estructura de los suelos. Por otro lado, en muchos países en vías de desarrollo, es la única opción de fertilización agrícola y además permite la disminución de los organismos patógenos en las aguas excedentes de riego por el proceso de retención que se produce en el suelo, con lo cual resulta un tratamiento adicional de depuración de las aguas (Esteller, 2002).

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

El uso de efluentes domésticos deberá considerar la calidad del agua en sus tres dimensiones: sanitaria, agronómica y ambiental. Atendiendo las recomendaciones para la reutilización del agua residual en agricultura por la Organización Mundial de la Salud, la calidad sanitaria está determinada por la concentración de parásitos, representado por los huevos de

helmintos y los coliformes fecales como indicadores de formadoras de colonias de bacterias y así se presenta una guía en que se pueden clasificar los riegos en tipos A, B y C para riegos no restrictivos, restrictivos y localizados respectivamente (Blumenthal *et al*, 2000) incluyendo estos últimos cintas de goteo, tuberías de goteo y borboteadores no habiendo ningún tipo de restricción para este caso y solo exigiendo un pretratamiento y tratamiento primario. La calidad agronómica estará relacionada con la cantidad de nutriente (N, P, K y oligoelementos), elementos tóxicos, salinidad y metales pesados. Finalmente la calidad ambiental en principio involucra todos los aspectos mencionados anteriormente con énfasis en aquellos impactos negativos en los cuerpos receptores (Quipuzco Ushñahua, 2004).

Las aguas residuales urbanas tratadas, no solo son un complemento o una solución estratégica para cubrir los requerimientos de riego, sino que también son una importante fuente de elementos nutritivos. En este sentido, (Silva *et al.*, 2008) expresa que los efluentes urbanos tratados aportan macro-elementos en cantidades suficiente como para reducir o eliminar la necesidad de fertilizar, además de agregar materia orgánica como acondicionador de suelo. La concentración de nutrientes de las aguas residuales tratadas varían entre 10 a 100 mg L<sup>-1</sup> de N, de 5 a 25 mg L<sup>-1</sup> de P y 10 a 40 mg L<sup>-1</sup> de K. Estas cantidades de nutrientes aportadas por el efluente pueden cubrir en muchos casos las necesidades de nitrógeno, fósforo y potasio de un cultivo.

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

### **Aplicación de biosólidos**

Durante la generación de biosólidos, la digestión anaerobia, definida como la utilización de microorganismos en ausencia de oxígeno, para estabilizar la materia orgánica por conversión a metano y otros productos inorgánicos, incluido el dióxido de carbono (Kiely, 1999), es una opción para el tratamiento de la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos urbanos, ya que su implementación disminuye el riesgo de generar polos infecciosos a causa de su carácter anaerobio.

Además se producen derivados residuales importantes como el biogás (esencialmente metano y dióxido de carbono) (Pavlostathis y Giraldo Gómez, 1991) que puede ser utilizado

como fuente de energía (Flotats *et al.*, 1997), un efluente líquido que puede utilizarse como fuente de agua para riego, y biosólidos como fuente nutricional para los cultivos y acondicionador de las características fisicoquímicas de los suelos.

Los biosólidos, principales materiales orgánicos producidos durante el tratamiento de aguas residuales, pueden ser utilizados en diversos usos beneficiosos. Un ejemplo de tales usos es la incorporación de biosólidos al suelo para abastecerlo de nutrientes y renovar la materia orgánica del mismo (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

El empleo de biosólidos, tiene varias ventajas físicas y químicas, mejoran las características del suelo 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, proveen algunos micronutrientes esenciales, tales como el níquel, zinc y cobre, y pueden servir también como una alternativa o sustituto de los costosos fertilizantes químicos (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

Los valores para N, P y K en los biosólidos son, para N entre 2,4 y 5 % de ST, para el P (como  $P_2O_5$ ) entre 2,8 y 11 % de ST y para el K (como  $K_2O$ ) entre 0,5 y 0,7% de ST (Metcalf y Eddy Inc., 2003).

Estos son esencialmente líquidos, con un contenido mayor al 90% de agua y cantidades de sólidos relativamente bajas, para la aplicación se puede inyectar al suelo o ser dispersados sobre la superficie del terreno e incorporarlos utilizando equipos agrícolas convencionales (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

Los biosólidos se obtienen por medio del tratamiento de los lodos de los efluentes urbanos, dichos tratamientos pueden ser primarios (sin digestión), basado en procedimientos de separación física, secundarios (con digestión), que comprende procedimientos físicos y biológicos en los cuales se reduce la presencia de patógenos, parásitos y el contenido de compuestos carbonados lábiles en los biosólidos, y terciarios, en los cuales se suman tratamientos químicos. Dentro de las alternativas disponibles para la disposición final de los biosólidos se destaca el reciclaje del residuo (Lavado y Taboada, 2002).



La aplicación de lodos residuales sobre el suelo se presenta como una alternativa de aporte de nutrientes a los cultivos (Grosso *et al.*, 2008), ya que se han encontrado resultados beneficiosos tanto de tipo ambiental como económico, debido a que éstos lodos proporcionan material orgánico, mejoran la estructura del suelo y ofrecen un gran potencial para el reciclaje de macronutrientes y micronutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas (Caldera *et al.*, 2007).

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 físico-químicas y biológicas de los suelos también se ven mejoradas con la adición de los residuos (Utria *et al.*, 2008; Valdés Méndez *et al.*, 1999; Aller, 1999).

Debido a los problemas ecológicos y económicos provocados por el uso intensivo e inadecuado de los fertilizantes sintéticos, la agricultura mundial en los últimos años está encaminada a lograr una agricultura sostenible, con el objetivo de obtener altos rendimientos con aplicación de bajos insumos y en lo posible el uso de productos de origen orgánico (Utria *et al.*, 2008).

Crespi *et al.*, (2012) después de varios años de ensayos en ajo regados con aguas residuales, aplicación de fertilizantes nitrogenados e incorporando biosólidos como fuente nutricional para el cultivo, menciona que ésta última tecnología constituye un aporte significativo en la sustitución de los fertilizantes sintéticos.

La aplicación de biosólidos al suelo incrementa la producción de biomasa y el rendimiento del cultivo, sin embargo, dicha aplicación presenta algunos aspectos negativos tales como la presencia de metales pesados y microorganismos patógenos, siendo los metales pesados su principal factor limitante (Lavado y Taboada, 2002); no obstante, atendiendo a la procedencia de los efluentes domiciliarios con que se condujo éste ensayo de investigación, solo debe prestarse atención a la presencia de patógenos, aunque dado el tiempo de resistencia hidráulica (TRH) de la biodigestión de 28 días en este caso y trabajando entre 39°C- 41°C, el desarrollo microbiano se ve limitado.

### Uso de coberturas orgánicas

La cobertura con residuos orgánicos de origen vegetal o animal constituyen una opción interesante por ser de bajo costo, de fácil adquisición dependiendo de la zona, y principalmente porque son biodegradables (ABC Digital, 2012).

El acolchado o mulching es una práctica agrícola que consiste en cubrir el suelo con un material, generalmente orgánico, destinado a proteger el suelo y eventualmente a fertilizarlo (Urbano Terrón, 1992).

Esta práctica produce múltiples efectos beneficiosos en el suelo que se pueden estudiar desde el punto de vista físico, químico y biológico (Cánovas Fernández, 1993). La mayoría de los mulch son orgánicos, basándose su elección en costo, apariencia y disponibilidad local (Skroch *et al.*, 1992).

Dentro de las ventajas del uso del mulch se encuentran: la conservación de la humedad del suelo, disminución del escurrimiento superficial y erosión, la capacidad de retención de agua, aumento de la permeabilidad de la superficie del suelo, disminución de las fluctuaciones de temperaturas del suelo, control de malezas, entre otras (Turney y Menge, 1994). El acolchado no permite que el agua lodosa salpique los cultivos y así se mantienen limpios y menos propensos a enfermarse.

Los materiales que se utilizan para elaborar los mulch orgánicos son variados y entre ellos se encuentran: la turba, chips de madera, corteza de pino, acícula de pino, paja, cortes de pasto, guano, restos de follaje, restos de cultivos entre otros (Robinson, 1988; Turney y Menge, 1994). El uso del mulch de paja permite crear un excelente medio para el crecimiento de raíces alimenticias (Coffey, 1984).

Una ventaja del uso del mulch, corresponde a la disminución de las fluctuaciones de temperaturas del suelo, principalmente en los primeros 15 cm de profundidad. Las temperaturas máximas de los suelos con mulch son siempre menores a los sin mulch y las temperaturas mínimas son siempre mayores generándose una estabilización de la temperatura diaria. Sin embargo, las temperaturas del suelo que se desarrollen dependen del material utilizado ya que

cada mulch genera su propio régimen, siendo siempre la temperatura diurna más baja y la nocturna más alta que el suelo descubierto (Salas Calva, 2008).

Se puede indicar que el uso del mulch en cultivos hortícolas, es una alternativa para zonas con poca disponibilidad de agua de riego, la misma comprende en cubrir el suelo que rodea la planta con una capa de 2 a 3 cm de material vegetal, se puede colocar entre hileras de plantas para proteger la superficie (Escobar ,2011).

## ANTECEDENTES

Maynard (1994) publicó que las producciones de brócoli y coliflor de parcelas sin fertilizar y donde se agregó una enmienda de mezcla de compost (estiércol de gallinaza, estiércol de caballo, compost agotado de champiñón y aserrín) a 56 y 112 t ha<sup>-1</sup> fueron mayores o similares que las producciones de parcelas fertilizadas con 150 N - 66 P - 125 K (Kg ha<sup>-1</sup>).

Montero (1999), evaluó la respuesta de la coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) a cuatro fuentes de fertilización orgánica: humus de lombríz, estiércol bovino, gallinaza y abono de colágeno, y tres niveles de fertilización: dosis alta, media y baja. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro y peso de pella, rendimiento, incidencia de plagas y enfermedades, y un análisis económico. Como resultado el autor afirma que el mejor tratamiento fue humus de lombríz a razón de 16 t ha<sup>-1</sup> para todas las variables evaluadas.

Israel comenzó a aplicar el riego con aguas residuales en forma masiva a comienzos de los años 70 para la producción de algodón. Este país está avanzando fuertemente en el uso de aguas residuales tratadas, planteando que un 70 % del agua que demandará la agricultura en el 2040 va a ser obtenida mediante el tratamiento de efluentes (Quipuzco Ushñahua, 2004).

Utria *et al.*, (2008), con el objetivo de evaluar el impacto del uso agrícola de los biosólidos, demostró 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 observó el efecto positivo en la producción de plantas de tomate, sin alterar la calidad de frutos. Concluye que los biosólidos con fines agrícolas es una alternativa viable y económica

Rotondo, *et al.*, (2009), evaluaron el efecto de la aplicación de diferentes enmiendas orgánicas y fertilizante nitrogenado sobre propiedades edáficas, rendimiento, diámetro y peso medio de pella en el cultivo hortícola de brócoli, encontrando diferencias significativas a favor de las enmiendas con respecto al testigo para las cuatro variables medidas.

Los resultados logrados en soja regada con aguas residuales, indican que en éste cultivo, pierden importancia relativa la técnica de inoculación, es aconsejable que bajo estas condiciones, no se realice esta práctica, ahorrando mano de obra y costo del inoculante (Crespi *et al.*, 2012).

Existen diversos estudios sobre la utilización de compuestos orgánicos en la producción de crucíferas, pero el desarrollo en la utilización de efluentes urbanos tratados y biosólidos como fuente de agua para riego y nutrientes son parciales, y no existe demasiada información al respecto.

El propósito del trabajo fue evaluar la producción del cultivo de brócoli, regado con efluentes urbanos que son fuente de agua y de macro y micronutrientes, el efecto beneficioso de los nutrientes y materia orgánica aportada por los biosólidos y las ventajas logradas por el uso de la cobertura del suelo con paja, como la conservación de la humedad del suelo, disminución de las fluctuaciones de las temperaturas del suelo y control de las malezas.

## **HIPÓTESIS**

- Los efluentes urbanos tratados aportarán macro y micronutrientes en cantidades suficientes como para reducir o eliminar la necesidad de fertilizar, además de agregar materia orgánica como acondicionador del suelo.
- La aplicación de biosólidos al suelo aportará nutrientes al cultivo, material orgánico y mejorará la estructura del suelo mejorando el reciclado de los nutrientes y el rendimiento del cultivo.
- El uso de las coberturas vegetales como la paja producirá múltiples efectos beneficiosos en el suelo, entre ellos la conservación de la humedad, disminución de las fluctuaciones de las temperaturas del mismo y control de malezas.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el efecto fertilizante de los efluentes urbanos tratados y el abonado con biosólidos y el efecto positivo de la cobertura de suelo con paja sobre la productividad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L .var. *itálica* Plenck).

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar un sistema de riego por goteo semiautomatizado.
- Determinar la evolución de la temperatura de suelo durante el ciclo del cultivo para cada uno de los tratamientos.
- Describir la presencia de malezas mediante muestreos mensuales en cada uno de los tratamientos.
- Registrar diámetro de pella (cm), peso de pella (g), diámetro de pedúnculo de la inflorescencia (cm) y rendimiento total ( $t\ ha^{-1}$ ).
- Señalar la importancia que tiene la reutilización del agua residual tratada en cultivos hortícolas.
- Determinar la presencia o ausencia de microorganismos dañinos para la salud; tales como *Salmonella sp* y *Escherichia coli*.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Características ambientales**

El ensayo se realizó en la ciudad de Río Cuarto, ubicada a (33°07' LS, 64° 14' LO), departamento de Río cuarto, provincia de Córdoba, a 421 metros sobre el nivel del mar presentando las siguientes características ambientales: Régimen climático templado húmedo con invierno seco. La Temperatura Máxima Anual: 23,18 °C, Temperatura Mínima Anual: 10,20 °C, Temperatura Media Anual: 16,30 °C.

El régimen de precipitaciones presenta una distribución anual del tipo monzónico con un 80 % de las lluvias concentradas en el período primavera-estival, con una precipitación media anual de 801 mm.

En cuanto a las condiciones edáficas, el suelo presenta una textura franco arenoso, clasificado como Haplustol típico, de relieve normal con llanuras suavemente onduladas, de aptitud agrícola (Cantero *et al*, 1986).

### **Planta de tratamiento y reutilización de efluentes urbanos**

Próximo al Campo Experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto se encuentran las Residencias Estudiantiles Universitarias (REU), donde está instalada una Planta experimental para el Tratamiento y la Reutilización de aguas residuales urbanas con un potencial de captación del efluente erogado por el complejo habitacional de alrededor de 25000 L d<sup>-1</sup> de efluentes urbanos generados por un complejo habitacional de 208 habitantes,

El proceso general de manejo de los efluentes puede explicarse partiendo de la Figura 2, donde se presentan una serie de operaciones imprescindibles para conducir el caudal hacia su tratamiento; todo comienza con la interconexión de los 50 departamentos de las llamadas Residencias Estudiantiles Universitarias (REU).

## Instalación de la red cloacal



Figura 2. REU y trabajos previos de interconexión cloacal. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

El efluente proveniente de las REU se conduce a través de una tubería de PVC, K4 de 160 mm de diámetro desde una profundidad de 0,60 m hasta 2 m, con una pendiente proyecto de 1,5% y descarga en una cámara receptora de cemento de 1,5 m de ancho por 2,5 m de largo por 5 m de profundidad donde comienza la etapa de pre-tratamiento (Crespi *et al*, 2012), en principio, el material pasa a través de un disco de acero inoxidable de 0,30 m de diámetro con 40 perforaciones de 15 mm de diámetro, que actúa como primer prefiltro de material grueso y luego vierte por gravedad al canasto de acero inoxidable de 0,075 m<sup>3</sup> cubierto de perforaciones que actúa como un colador y que hace a veces de segundo prefiltro que retiene el grueso que podría haber pasado en el paso anterior, semanalmente se retrae el canasto para su limpieza, se lava y se vuelve a introducir (Figura 3).

### Pretratamiento

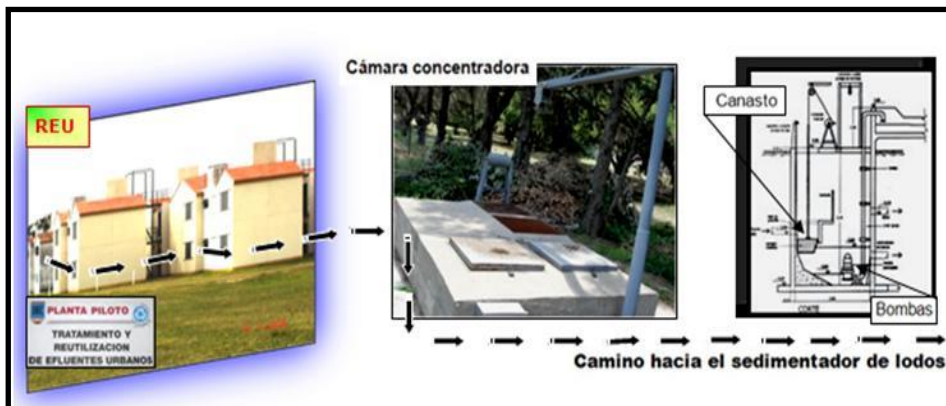


Figura 3. Conducción de los efluentes y pretratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.



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

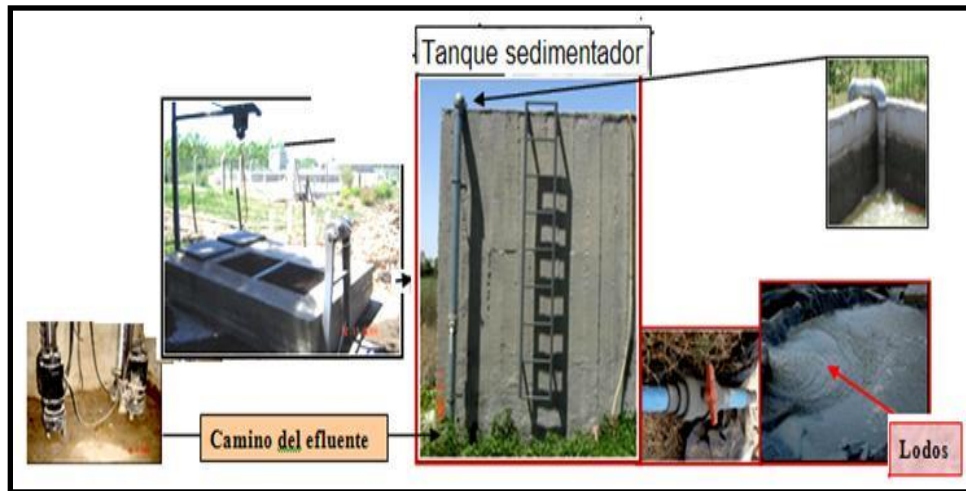
**Tabla 1.** Determinaciones analíticas del efluente urbano tratado. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Determinación analítica	Unidad	Valor
Sólidos sedimentables (10 min.)	ml/L	0.50
Sólidos sedimentables (120 min.)	ml/L	0.80
Sólidos totales	ml/L	842.00
Sólidos totales fijos	ml/L	298.00
Sólidos totales volátiles	ml/L	544.00
Sólidos disueltos Totales	ml/L	590.00
Sólidos disueltos Fijos	ml/L	380.00
Sólidos disueltos Volátiles	ml/L	210.00
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	252.00
pH		7.82
Conductividad eléctrica	ds/m	1.13
Turbiedad	FAU	263.50
Color Verdadero	PtCo APHA	1150.00
Nitrógeno total	mg/L	108.5
Cloruros	mg/L	138.00
Sulfatos	mg/L	14.50
Alcalinidad total	mg/L	350.00
Alcalinidad carbonatos	mg/L	<1
Fósforo total	mg/L	8.1
Hierro	mg/L	1.30

Litio	mg/L	No detectable
Boro	mg/L	0.14
Cromo	mg/L	0.04
Magnesio	mg/L	11.60
Manganeso	mg/L	0.08
Níquel	mg/L	No detectable
Potasio	mg/L	16.00
Plomo	mg/L	No detectable
Selenio	mg/L	No detectable
Sodio	mg/L	158.00
Aluminio	mg/L	0.99
Arsénico	mg/L	0.017
Cadmio	mg/L	0.00014
Calcio	mg/L	50.00
Zinc	mg/L	0.11
Cobalto	mg/L	No detectable
Cobre	mg/L	No detectable
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	265.00
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/L	112.57

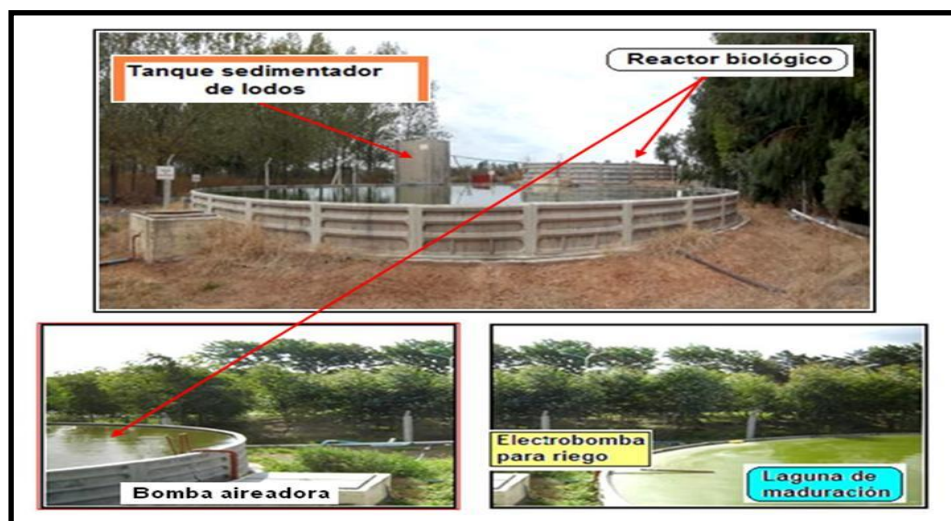
### **Tratamiento del agua residual**

El tanque sedimentador (Figura 4) con un volumen de 12000 L 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 (Crespi *et al.*, 2010), desde donde se obtienen los biosólidos luego de cumplirse el tiempo de residencia hidráulico (TRH).



**Figura 4.** Efluente crudo y tanque sedimentador de lodos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

El reactor biológico de forma circular con una capacidad de 78000 L tiene por función bajar la demanda biológica de oxígeno (DBO), y de allí pasa luego del tiempo de depuración a una laguna de maduración que consiste en un tanque de mayor volumen, con una capacidad de 136310 L y poca profundidad, su función es reducir la cantidad de gérmenes a límites permisibles, haciendo uso de la radiación ultravioleta generada naturalmente por el sol (Crespi *et al.*, 2007). Este tipo de desinfección es el principal mecanismo para la desactivación o destrucción de organismos patógenos con el fin de prevenir la dispersión de enfermedades transmisibles a través del agua. Cuando la radiación UV penetra las paredes de las células de un organismo, ésta destruye la capacidad de reproducción de la célula (Figura 5).



**Figura 5.** Tratamiento convencional de los efluentes. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

## Generación de biosólidos

Como se muestra en la Figura 6, una de las partes importantes para el desarrollo de este trabajo fue contar con un sistema de biodigestión. De esta manera es posible contar con la generación de biosólidos que son los lodos digeridos, la otra parte componente de los efluentes urbanos, para ser empleados en diferentes cultivos agrícolas y, en este caso, para la producción hortícola y de brócoli específicamente.



**Figura 6.** Proceso de biodigestión de lodos urbanos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Las características de los biosólidos fueron determinadas en el Laboratorio de Nutrición Animal de la UNRC y se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Características agroecológicas de los biosólidos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Parámetros	Unidad	30-jul.	10-Sep	06-nov.
Cenizas	(%)	54,9	67,8	60,21
Materia Orgánica	(%)	45,1	32,2	39,79
Nitrógeno total	(%)	2,2	1,19	1,88
Fósforo	(%)	1,35	1,11	1,42
Potasio	(%)	0,51	0,65	0,81
Carbono	(%)	26,16	18,67	29,15
C/N	(%)	11,89	15,69	15,51

En la Figura 7, se puede observar una serie de operaciones conducentes a la extracción del biosólido proveniente del procesamiento del biodigestor, para su aplicación en la parcela. En primer lugar, se toma el volumen recogido en un balde de 12 L y se pesa en una balanza electrónica de 30 kg de capacidad hasta conseguir la dosis calculada de aplicación de biosólido para cada tratamiento; luego se vierte dicho contenido en un depósito de 50 L con el que se transporta hasta el campo donde se realiza la aplicación respectiva.



**Figura 7.** Determinación de la dosis de biosólidos. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En la Figura 8, se observa la aplicación en forma manual del biosólido en el cultivo de brócoli. La misma se efectuó a partir de los 40 días del ciclo, momento en el cual el cultivo se encuentra en fase lineal de crecimiento (Castellanos *et al.*, 1998), mientras que la segunda aplicación se realizó a los 80 días.

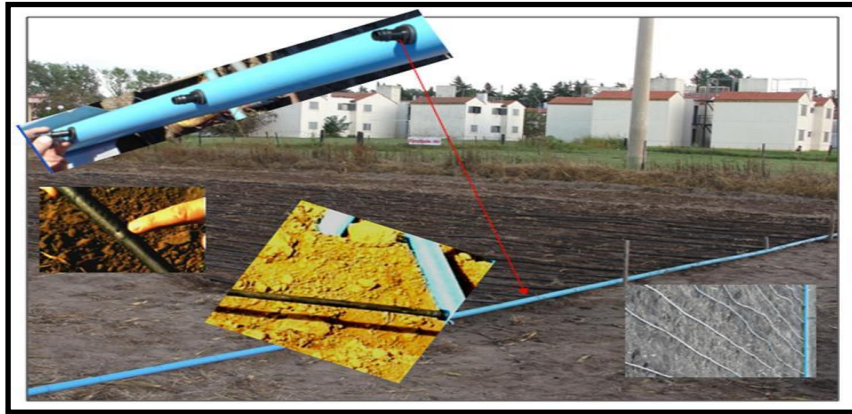


**Figura 8.** Aplicación de biosólidos en brócoli. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.



### **Sistema de riego por goteo**

De la laguna de maduración y con la ayuda de flotadores se capta el agua para riego desde la parte superior, luego de cumplirse el TRH y mediante el uso de una bomba centrífuga. Para establecer la línea de riego se utilizó un sistema de riego por goteo con una tubería de PVC de 63 mm de diámetro externo ubicada en la cabecera de los surcos, donde se colocó mediante el uso de conectores gromet líneas de tubería integradas dispuestas en el medio de las hileras de plantación, con tres emisores por metro lineal, quedando dos hileras de plantas a cada lado con goteros “in line” tipo laberinto. El caudal unitario fue de aproximadamente  $2 \text{ Lh}^{-1}$  (Figura 9).



**Figura 9.** Línea secundaria y laterales de riego por goteo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

### **Características del ensayo**

En la temporada 2011 se llevó a cabo la implantación del cultivo de brócoli. Previo a la plantación se efectuó la preparación del suelo mediante una rastra de discos, con el objetivo de asegurar un terreno mullido, desterronado, libre de malezas y rastros. Se efectuó un análisis de suelo de 0-20 cm, el cual arrojó los siguientes resultados: Materia orgánica 2,07%, Nitrógeno de nitratos 29,18 ppm, Nitratos 129,3 ppm, Fósforo 49 ppm, pH 6,27, Conductividad Eléctrica 0,15 ds/m, Potasio 2,36 cmol/kg, CIC 14 cmol/kg.

### **Plantación**

La fecha de plantación del cultivo fue 31 de Agosto del 2011, con una densidad de  $4,07$  plantas  $\text{m}^{-2}$ , y en un marco de plantación de 0,70 m entre hileras y 0,35 m entre plantas. La superficie de la parcela fue de  $39,2 \text{ m}^2$  (11,2 m de ancho x 3,5 m de largo). Los plantines necesarios se realizaron en una plantinera comercial. El híbrido de brócoli que se utilizó fue “Federer” de la empresa Rijk Zwaan de ciclo intermedio.

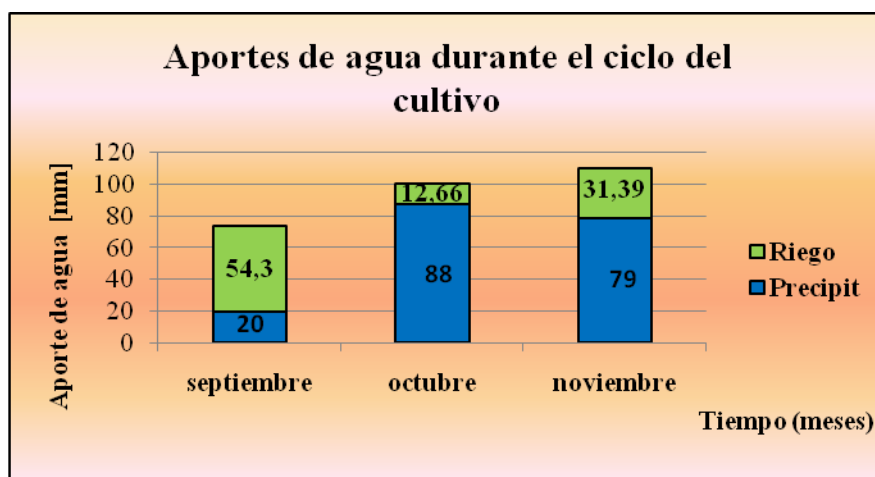
## Tratamientos

Los tratamientos fueron los siguientes: 1- Biosólidos con cobertura de paja (Bio+CcPj), 2- Biosólido (Bio), 3- Cobertura con paja (CcPj), 4- Testigo (T). El diseño experimental fue en bloques completos al azar, con 4 (cuatro) tratamientos y 4 (cuatro) repeticiones. La unidad experimental fue de 2,45 m<sup>2</sup> (2,8 m de largo x 0,875 m de ancho). Es importante destacar que la cobertura vegetal utilizada fue de moha (2 kg.m<sup>-2</sup>) y que se utilizó una dosis de biosólido de 50 t ha<sup>-1</sup> (Bio 50) para sus respectivos tratamientos (Figura 10).



**Figura 10.** Diferentes tratamientos en la unidad experimental. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

El aporte de agua por lámina de riego aplicada fue de 98 mm durante los 3 meses que duró el ensayo y una precipitación efectiva de 190 mm (Figura 11).



**Figura 11.** Aporte de agua durante el ensayo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

También se realizó semanalmente un seguimiento de la temperatura del suelo mediante el uso de geotermómetros a una profundidad de 10 cm (Figura 12).



**Figura 12.** Medición de la temperatura. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

La evaluación de malezas se efectuó mediante muestreos mensuales teniendo en cuenta el método de Braun-Blanquet donde se realizó un censo de las especies presentes en 1 m<sup>2</sup> de superficie de la parcela en el cual se consignó una estimación de los valores de cobertura de las especies presentes en función a la escala de Braun-Blanquet (1979).

La cobertura se estimó arrojando un aro de 0,25 m<sup>2</sup> y teniendo en cuenta la proyección vertical de la corona o vástagos de una planta sobre el suelo en función de los siguientes grados: 1) 0-5% (2,5%); 2) 5-25% (17,5%); 3) 25-50% (37,5%); 4) 50-75% (62,5%) y 5) 75-100% (87,5%) de cobertura. Las muestras se realizaron una vez al mes durante 4 meses (agosto/sept./oct./nov.), promediando los valores para obtener una cobertura total de cada maleza.



## Cosecha

La cosecha se realizó el 28 Noviembre de 2011, en forma manual sobre los cuatro surcos centrales de tres metros de longitud en cada subparcela (Figura 13).



**Figura 13.** Cosecha. UNRC .Río Cuarto .Córdoba.

Al momento de la cosecha del cultivo se evaluó el diámetro de pella en (cm), peso de la pella en (g), diámetro del pedúnculo de la inflorescencia (cm) y el rendimiento total ( $t\ ha^{-1}$ ) del cultivo expresado en peso fresco.

La calidad sanitaria de las pellas se determinó mediante análisis bacteriológicos realizados en el laboratorio de la U.N.R.C para establecer la presencia de bacterias dañinas para la salud.

## Análisis microbiológico

Al momento de la cosecha de las pellas se tomó muestras de cada tratamiento y se las colocó en bolsas de nylon identificadas para ser llevadas al laboratorio de la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de la U.N.R.C a fin de establecer la presencia de microorganismos dañinos para la salud.

Para la determinación de *Escherichia coli* se utilizó el método del Caldo Mac Conkey a 35°C durante 24-48 hs. Aislamiento en Agar Eosina-Azul de metileno y confirmación por medio de pruebas bioquímicas. Metodología analítica: ICMSF (1983).

Para la determinación de *Salmonella sp*, se utilizó caldo lactosado a 35°C, Caldo Tetratonato y Caldo Selenito-Cistina a 35°C; observación de colonias sospechosas en Agares

Selectivos y Diferenciales, pruebas bioquímicas y serológicas confirmatorias. Metodología analítica: ICMSF (1983).

### **Análisis estadístico**

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

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Cobertura del suelo con paja de moha:

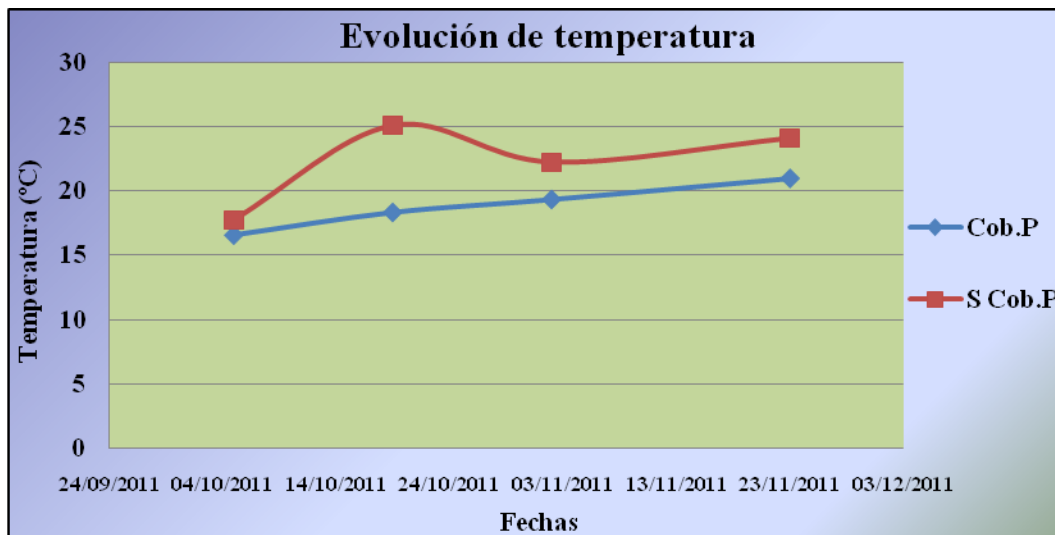
#### Temperatura del suelo

Se determinó a través de mediciones de temperatura edáfica que en los tratamientos con condiciones de suelo sin cobertura vegetal (Testigo, Bio) la temperatura siempre fue superior para una misma fecha que en los tratamientos con cobertura vegetal (Bio+CcPj, CcPj), (Tabla 3).

Esto coincide con lo expresado por (Salas Calva, 2008), donde las temperaturas máximas de los suelos con mulch son siempre menores a los sin mulch y las temperaturas mínimas son siempre mayores generándose una estabilización de la temperatura diaria.

**Tabla 3.** Diferencias de temperaturas medias para la situación con cobertura vegetal con paja de moha y sin cobertura vegetal. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Situación	Temperatura media mensual	
	Octubre	Noviembre
Cob. Paja	19,22 °C	21,90 °C
Sin Cob. Paja	21,72 °C	23,47 °C



**Figura 14.** Temperatura media en función de los tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

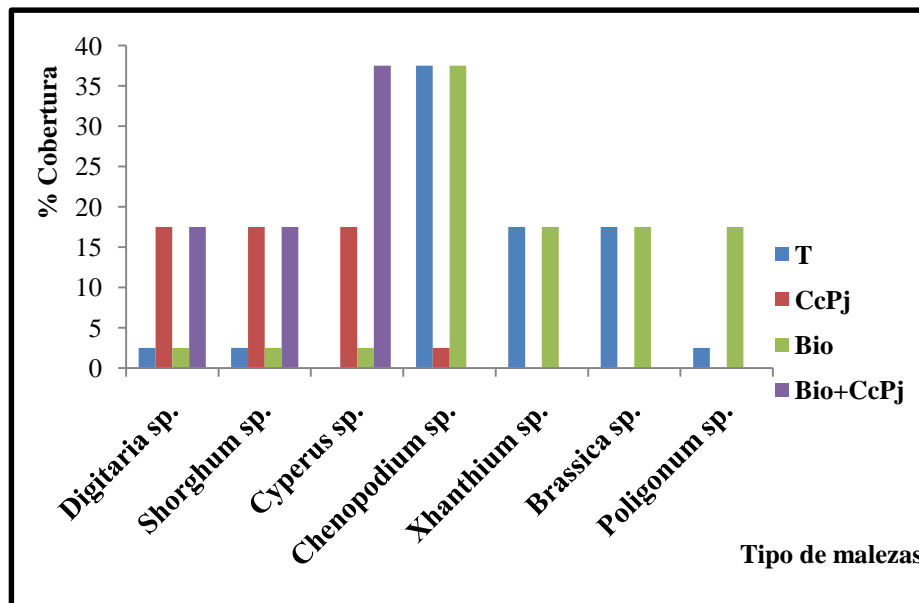
### Evaluación de malezas

Como se puede observar en la Tabla 4 (% de cobertura de cada maleza y total), se determinó menor presencia de malezas en los tratamientos con cobertura debido a la ausencia de luz y menor temperatura. También se observó que en el tratamiento con cobertura hubo muy poco desarrollo de latifoliadas y que las gramíneas y sobre todo las perennes presentaron mayor desarrollo.

Esto concuerda con lo expresado por Escobar (2011), cuando en la enumeración de los beneficios que trae aparejada la cobertura menciona la disminución de problemas con malezas.

**Tabla 4.** Evaluación de malezas en los diferentes tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Tratamientos	<i>Digitaria sp.</i>	<i>Sorghum sp.</i>	<i>Cyperus sp.</i>	<i>Chenopodium sp.</i>	<i>Xanthium sp.</i>	<i>Brassica sp.</i>	<i>Polygonum sp.</i>	% total de cobertura
T	2,5	2,5		37,5	17,5	17,5	2,5	80
CcPj	17,5	17,5	17,5	2,5				55
Bio	2,5	2,5	2,5	37,5	17,5	17,5	17,5	97,5
Bio+CcPj	17,5	17,5	37,5					72,5



**Figura 15.** Desarrollo de malezas en relación a los diferentes tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

### **Aporte nutricional al cultivo:**

<b>Enmienda orgánica</b>	<b>Dosis de nitrógeno total (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Efluente</b>	108
<b>Biosólido</b>	90
<b>TOTAL</b>	198

**Tabla 5.** Característica nutricional de la enmienda orgánica .UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

### **Cultivo de brócoli**

Al realizar el procesamiento de los datos obtenidos con respecto al comportamiento de las variables (Diámetro de Pella, Diámetro de Pedúnculo y Peso de Pella) en función de los diferentes tratamientos realizados (Tabla 5), se pudo observar y determinar una tendencia significativa, en donde las variables fueron incrementando sus valores a medida que los tratamientos presentaban mayor tecnología.

#### **Diámetro de pella**

Para esta variable el tratamiento Bio+CcPj presentó el mayor valor promedio con 11,41 cm, mientras que el tratamiento CcPj 11,07 cm y testigo (T) 10,93 cm. Cabe mencionar que en Bio el diámetro de pella fue de 10,44 cm presentando una diferencia significativamente estadística con el resto de los tratamientos (Figura 16).

#### **Diámetro de pedúnculo**

El análisis arrojó las mismas tendencias en donde los tratamientos con mayor tecnología son los de mayor respuesta a excepción del tratamiento de Bio. De esta manera en Bio+CcPj el diámetro de pedúnculo fue de 2,77 cm, mientras que en CcPj fue de 2,76 cm y en testigo (T) 2,75 cm. Tampoco se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos y el Bio el cual presentó un diámetro de pedúnculo de 2,73 cm. Tampoco existió diferencia significativa entre Bio+CcPj y el resto de los tratamientos (Figura 17).

#### **Peso de pella**

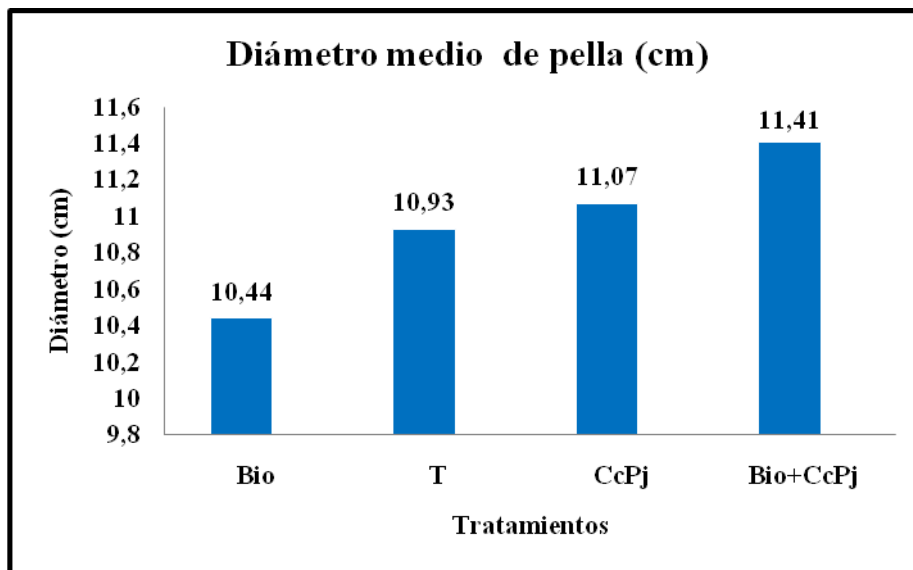
Finalmente al analizar el peso de pella la tendencia siguió siendo coincidente con los análisis anteriores, y el mayor peso se observó en Bio+CcPj con 174,34 g. Para CcPj el promedio fue de 167,29 g y en testigo (T) 161,80 g. Es importante también destacar que al igual que en la variable diámetro de pedúnculo no hubo diferencia estadística significativa entre Bio: 155,00 g y el resto de los tratamientos y entre Bio+CcPj: 174,34 g, y los demás tratamientos (Figura 18).

**Tabla 6.** Diámetro de pella, Diámetro de pedúnculo y Peso de Pella en función de los diferentes tratamientos .UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

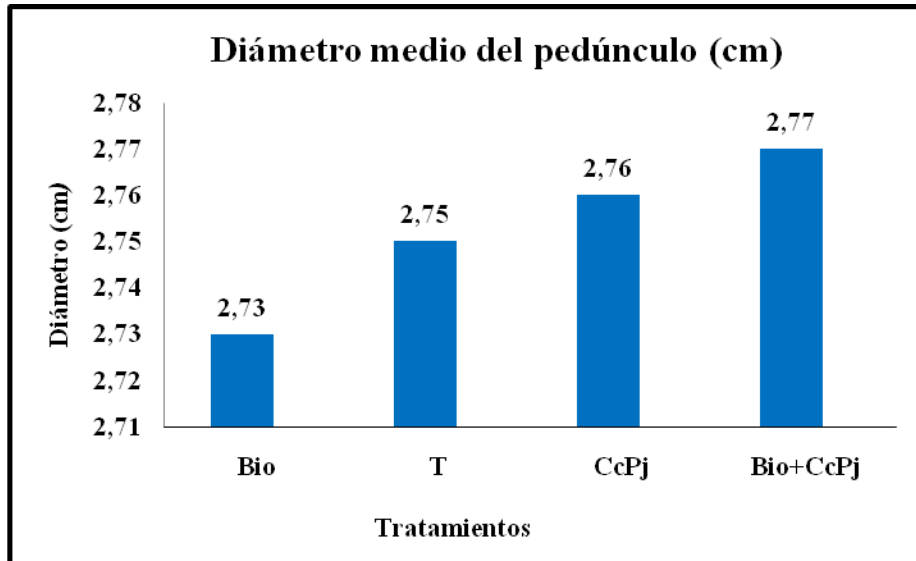
Tratamiento	Diámetro de pella(cm)	Diámetro de pedúnculo(cm)	Peso de Pella (g)
Bio	10,44 c	2,73 bc	155,00 c
T	10,93b	2,75 b	161,80 bc
CcPj	11,07ab	2,76 ab	167,29 ab
Bio+CcPj	11,41 a	2,77 a	174,34 a

Nota: Diferentes letras indican diferencias significativas según LSD Fisher ( $p < 0.05$ ).

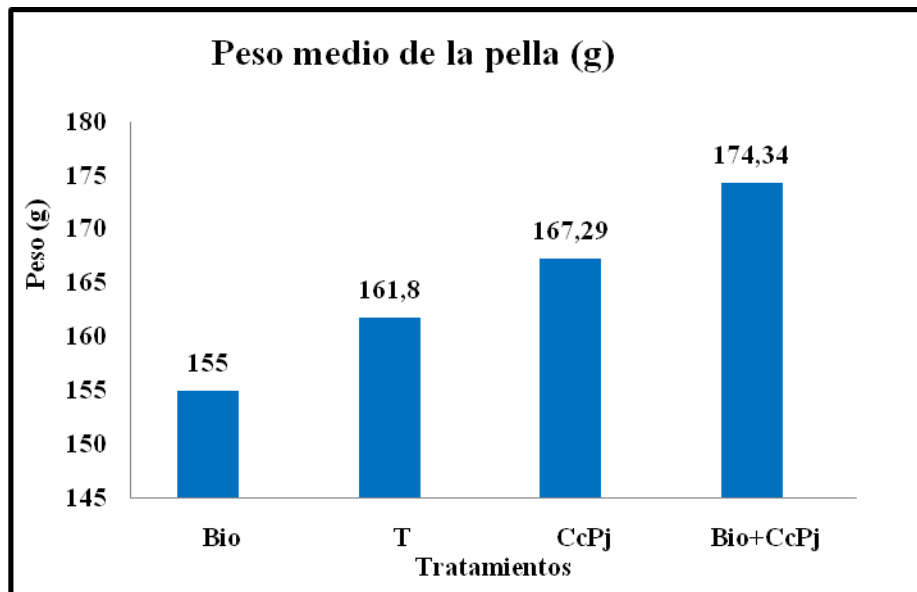
En los siguientes gráficos se muestran el diámetro de pella, diámetro de pedúnculo y peso de pella.



**Figura 16.** Diámetro de pella según el tratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.



**Figura 17.** Diámetro de pedúnculo según tratamiento .UNRC. Río Cuarto. Córdoba.



**Figura 18.** Peso de pella en función del tratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

## Rendimiento

Finalmente analizando al parámetro que resume de mejor manera a todos los componentes del rendimiento, se pudo arribar que las tendencias observadas para las anteriores variables aquí se vuelve a confirmar (Tabla 6).

Es así como el Bio presentó el menor rendimiento ( $6,2 \text{ t ha}^{-1}$ ), determinando una diferencia estadística significativa con el resto de los tratamientos.

Por otro lado como se vino registrando en los anteriores parámetros la tendencia se mantuvo y así fue como en el tratamiento testigo (T) se obtuvo un rendimiento de  $6,7 \text{ t ha}^{-1}$ , en CcPj  $6,9 \text{ t ha}^{-1}$  y en Bio+CcPj  $7,3 \text{ t ha}^{-1}$ . Este último tratamiento (el más intensivo) presentó diferencia estadística significativa con el resto de los tratamientos.

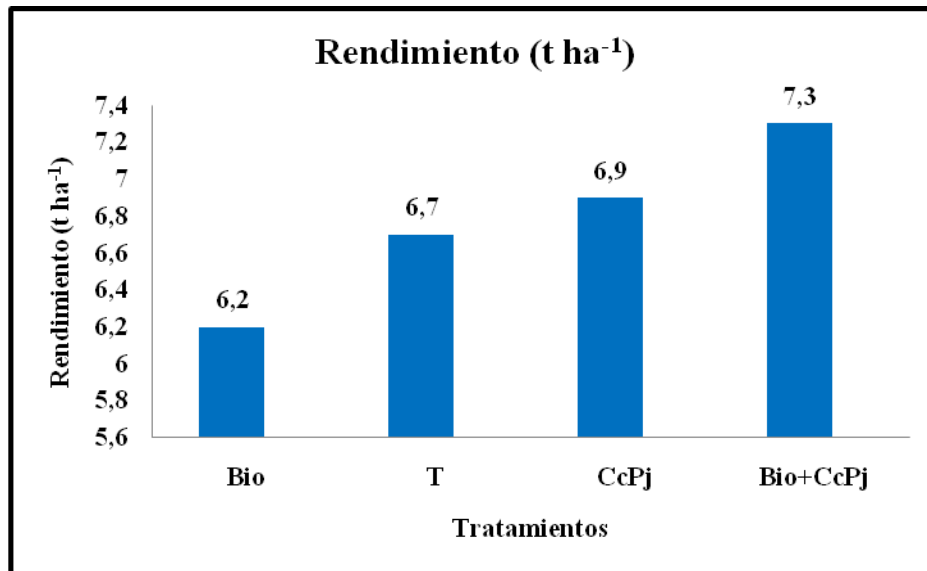
Se puede concluir de esta manera que hay un claro beneficio en la utilización de biosólidos, mejorando el balance nutritivo para el cultivo, y también los mayores beneficios que presenta el uso de cobertura, aumentando principalmente el agua útil para el cultivo, ya que permite disminuir las pérdidas y guardar tan importante recurso.

Tabla 7. Rendimiento medio ( $\text{t ha}^{-1}$ ) de brócoli en función de los diferentes tratamientos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

<b>Tratamiento</b>	<b>Rendimiento (<math>\text{t ha}^{-1}</math>)</b>
<b>Bio</b>	6,2c
<b>T</b>	6,7ab
<b>CcPj</b>	6,9ab
<b>Bio+CcPj</b>	7,3a

Nota: Diferentes letras indican diferencias significativas según LSD Fisher ( $p < 0.05$ ).





**Figura 19.** Rendimiento medio (t ha<sup>-1</sup>) en función del tratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

### Calidad Sanitaria

El 28/11/2011, después de la cosecha, se realizó en el laboratorio de Análisis Microbiológico de Alimentos de la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de la U.N.R.C el análisis bacteriológico para determinar la presencia de agentes patógenos en las pellas.

De esta manera se evaluaron los diferentes tratamientos ensayados y se comprobó en todos ellos la ausencia de *E. coli* y *Salmonella sp.*, quedando demostrado la seguridad que ofrece la utilización de biosólidos, el riego con efluentes urbanos tratados y la viabilidad de implementar esta técnica como fuente de fertilización para la producción.

## CONCLUSIONES

- Se logró aumentar el rendimiento de brócoli cultivado en Río Cuarto al utilizar técnicas agroecológicas como el uso de riego con efluentes, biosólidos y la cobertura del suelo con paja de moha.
- Se aportó a través del riego con efluentes y biosólidos nutrientes al suelo trayendo consigo un aumento en el rendimiento del cultivo de brócoli respecto al testigo. Es así como esta enmienda orgánica podría sustituir a los costosos fertilizantes sintéticos
- La cobertura con paja de moha demostró tener un buen efecto de control de malezas, observándose menor desarrollo y cantidad respecto al testigo, también tuvo efecto en la estabilización de la temperatura del suelo disminuyendo la amplitud térmica.
- La calidad sanitaria no se vio afectada por la presencia de *Escherichia coli* y *Salmonella sp*, demostrando que el uso como enmienda orgánica del riego con efluentes y biosólidos es una técnica segura y sostenible para el ambiente y el hombre.

## BIBLIOGRAFÍA

- **APREA, A.** 2008. Cultivo de crucíferas: Brócoli y coliflor. Curso de Horticultura, En: Boletín Hortícola de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Año 13, Numero 39: 29-32 UNLP.
- **ABC DIGITAL.**2012.ABCrural.En:  
<http://archivo.abc.com.py/suplementos/rural/articulos.php?pid=521619>  
Consultado: 20/10/2012.
- **ALLER M.** 1999. *Utilización de biosólidos en la Agricultura.* Universidad de León.[http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1020235](http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1020235) . Consultado: 12/09/2012.
- **ASANO, T.; C. LEONA; M. G. RUGBY y R. H. SAKAJI.** 1992. “Evaluation of the California wastewater reclamation criteria using enteric virus monitoring data”. Wat. Sci. Tech. Vol. 26 (7-8): pag 1513-1524, citado en: 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. 2003. Tratamiento y reutilización de aguas residuales domiciliarias. UNRC. Río Cuarto. Córdoba. Argentina.
- **BEECHER CWW.** 1994. Cancer prevention properties of varieties of Brassica oleracea: a review. Am J Clin Nutr. 59: 1166-1170).
- **BLUMENTHAL, U.; A. PEASEY; G. RUIZ PALACIOS y D. MARA.** 2000. Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new research evidence. Rev. Task. N° 68. Part 1. UK. Pp.66
- **BOUWER, H. y E. IDELOVITCH.**1997. Quality requirements for irrigation with sewage water. J. Irrig. & Drainage Eng. 113: 516-535.
- **BRAUN-BLANQUET J.** 1979. “Fitosociología: Bases para el estudio de las comunidades vegetales”. Blume Ediciones, Madrid.
- **CALDERA, Y. A.; E. C. GUTIÉRREZ; E. E. BLANCO.; M. M. TORRES y E. E. GUTIÉRREZ.** 2007. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de lodo residual como acondicionador de suelo durante el crecimiento de un cultivo de Cebollín (*Allium fistulosum* L.). Ciencia. (15) 3. Maracaibo, Venezuela. Pp. 371-379.

- **CÁNOVAS FERNÁNDEZ.** 1993. Manejo de malezas para países en desarrollo. Segunda edición, Editorial Acribia, Bogotá, Colombia.
- **CANTERO GUTIERREZ, A.; E.M. BRICCHI; V. H. BECERRA; J. M. CISNERO y H. A. GIL.** 1986. Zonificación y descripción de las tierras del departamento de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Pp 78.
- **CASTELLANOS, J., LAZCANO, I., SOSA BALDIBIA, A., BADILLO, B y S, VILLALOBOS.** 1998. Monitoreo Nutricional y Fertilización Nitrogenada: Bases Para altos rendimientos y calidad de brócolis cultivado en vertisoles ricos en potasio de la parte central de México. Revista Informaciones Agronómicas (4) 2.
- **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, Pp. 99.
- **COFFEY.** 1984. An integrate approach to the control of avocado root rot. California Avocado Society Yearbook 68:61-68. Consultado 5 Jul. (2008). Disponible en: <[http://www.isahispana.com/pubs/mulching\\_spanish.pdf](http://www.isahispana.com/pubs/mulching_spanish.pdf)>
- **CRESPI, R; C. RODRÍGUEZ, O. PLEVICH; L, GROSSO; M. BOSSOLASCO; C. FRIGERIO; S. BETTERA; A. THUAR; J. BOEHLER; J. PUIATTI; O. BAROTTO; M. DEMAESTRI; A. RICOTTO; D. RAMOS y D. PICCA.** 2003. Tratamiento y reutilización de aguas residuales domiciliarias. UNRC. Río Cuarto. Córdoba. Argentina
- **CRESPI, R; C. RODRÍGUEZ, O. PLEVICH; L, GROSSO; M. BOSSOLASCO; C. FRIGERIO; S. BETTERA; A. THUAR; J. BOEHLER; J. PUIATTI; O. BAROTTO; M. DEMAESTRI; A. RICOTTO; D. RAMOS Y D. PICCA.** 2005. "Tratamiento y reutilización de aguas residuales domiciliarias". En actas: XX Congreso Nacional del Agua. III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur. Mendoza: p .76.
- **CRESPI, R.; PLEVICH, O.; GROSSO, L.; RODRÍGUEZ, C.; RAMOS, D.; BAROTTO, O.; SARTORI, M.; COVINICH, M. y BOEHLER, J.** 2007. Manejo de aguas residuales urbanas. Aceptado para su publicación en Conagua 2007. Tucumán.
- **CRESPI, R.; M. PUGLIESE; L. GROSSO; E. GROPELLI; C. MIGAN; D. RAMOS; F. SALUSSO y A. CHANADAY.** 2010. Evaluación de la potencialidad de la

producción de biogás y uso de biosólido. En Actas: 17° Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente. Buenos Aires, Argentina: 1 – 14

- **CRESPI, R.; M. PUGLIESE; L. GROSSO; D. RAMOS; F. SALUSSO; E. SOLER; A. SOLTERMAN; A. SANCHEZ; F. RAINERO; D. SILVA y A. TESTA.** 2012. “Generación de biogás y disposición de biosólido”. En Actas: 18° Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente. Buenos Aires, Argentina: 1 – 18.
- **ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.** 2000. “Folletos informativos de biosólidos de la Epa”. Septiembre 2000.
- **ESCOBAR S.,** 2011. Revista Tierra Adentro. “El Mulch como Cobertura Orgánica”. En: <http://revistatierraadentro.com/index.php/agricultura/84-el-mulch-como-cobertura-organica>. Consultado: 07/11/2012.
- **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.
- **FASCILO, 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.
- **FLOTATS, X; CAMPOS, E;y BONMATI, A.** 1997. Aprovechamiento energético de residuos ganaderos. Curso de Ingeniería Ambiental. Aprovechamiento energético de residuos orgánicos (3°. 1997; Lleida). Memorias, 1-21.
- **FULHAGE, C.** 1993 Lagoon Pumping and Irrigation Equipment. Department of Agricultural Engineering. University of Missouri. Columbia, citado en: 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 PICCA. D. 2003. Tratamiento y reutilización de aguas residuales domiciliarias. UNRC. Río Cuarto. Córdoba. Argentina. Facultad de agronomía, de Rosario 1982. Cátedra de Horticultura y Fruticultura. Rosario. Argentina.
- **GROSSO, L.; J. MÁZ; D. RAMOS; y R. CRESPI.** 2008. Riego con efluentes tratados y fertilización nitrogenada en cultivo de ajo blanco. En Actas: XXX Congreso Argentino de Horticultura. 1° Simposio Internacional sobre Cultivos Protegidos. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

- **KIELY, G.** 1999. Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Madrid: Mc Graw-hill: 870-872.
- **LAVADO, R. y M. TABOADA.** 2002. Manual de procedimientos para la aplicación de biosólidos en el campo. Convenio Aguas Argentina S.A. - Facultad de Agronomía, UBA. Buenos Aires, Argentina Pp 54.
- **MAYNARD A.** 1994. Sustained vegetable productions for three years using composted animal manures. *Compost science and utilizations*, 3(2): 47-54.
- **METCALF y EDDY, INC.** 2003. Wastewater engineering, treatment, disposal and reuse. Fourth Edition, Ed. McGraw-Hill.
- **MIGANI, C y R. CRESPI.** 2010. Reutilización de efluentes urbanos: la transformación de un problema en un recurso. XVII Jornada de intercambio de conocimientos científicos y técnicos. FCE. UNRC. Pp 21.
- **MONTERO R.** 1999. Respuesta de la coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) a cuatro fuentes de fertilización orgánica. Universidad Central del Ecuador, Quito. Fac. de Ciencias Agrícolas. Machachi-Pichincha. 122 pp.
- **MOSCOSO, J. y GUNTHER MERZTHAL.** 2001. Modulo: Manejo sanitario de las aguas residuales domésticas en la Agricultura Urbana. Documento de la Sesión Ventajas y Desventajas del uso de Aguas Residuales Tratadas en la Agricultura Urbana.
- **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). MONOGRAFIAS INIA: AGRICOLA N. 1.
- **PAVLOSTATHIS, S. G;E GIRALDO-GOMEZ.** 1991. Kinetics of anaerobio Digestión. *Water Science and Technology*. 24(8): 35-59.
- **PESCOD, M. B.** 1992. *Wastewater and use in agriculture*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO Irrigation and drainage paper 47).  
[http://octi.guanajuato.gob.mx/octigto/formularios/ideasConcyteg/Archivos/32032008\\_II\\_reciclado\\_tratamiento\\_residuos.pdf](http://octi.guanajuato.gob.mx/octigto/formularios/ideasConcyteg/Archivos/32032008_II_reciclado_tratamiento_residuos.pdf). Consultado: 23/2/2012.
- **QUIPUZCO USHÑAHUA, L. E.** 2004. Valoración de las aguas residuales en Israel como recurso agrícola: Consideraciones a tomar en cuenta para la gestión del agua en Perú. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG*. (7) ,13. Lima, Perú. 64 - 72.

- **REGION DE MURCIA.** 2013. Región de Murcia digital – Gastronomía – Hortalizas Verduras. En: [http://www.regmurcia.com/servlet/s.S1?sit=c,543,m,2714,&r=ReP-20159-DETALLE\\_REPORTAJES](http://www.regmurcia.com/servlet/s.S1?sit=c,543,m,2714,&r=ReP-20159-DETALLE_REPORTAJES) . Consultado: 06/11/2012.
- **ROBINSON, D.** 1988. Mulches and herbicides in ornamental plantings. Hortscience 23:547-552.
- **ROTONDO, R; FIRPO, I. T; FERRERAS, L; TORESANI, S; FERNÁNDEZ, S y E. GÓMEZ.** 2009. “Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y fertilizante nitrogenado sobre propiedades edáficas y productividad en cultivos hortícolas”. Facultad de Ciencias agrarias, Universidad Nacional de Rosario.
- **SALAS CALVA, L.A.** 2008. “efecto de diferentes especies vegetales en acolchado (mulching) sobre suelos arcillosos en la estación agroecológica U.TP.L”. Escuela de ingeniería agropecuaria. trabajo de tesis. Universidad Técnica Particular de Loja
- **SILVA, J.; P. TORRES y C. MADERA.** 2008. Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. Rev. Agronomía Colombiana, (26,) 2. Colombia: 347 - 359.
- **SKROCH, N. POWELL, M. BILDERBACK.T y P. HENRY.**1992. Mulches: Durability, Aesthetic value, weeds control, and temperature. J. Environ.Hort. 10(1): 43-45.
- **TURNEY, J. y J. MENGE.** 1994. Root health: Mulching to control root disease in avocado and citrus. Riverside, California Avocado Society, Inc. California Avocado Comission and Citrus Research Board. 8p. (Circular No. CAS-94/2).
- **URBANO TERRÓN.** 1992. Dinámica y complejidad de la competencia de malezas. Tercera edición, Editorial Labor, Barcelona España.
- **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 (*Solanum lycopersicum* Mill). Rev. Cultivos Tropicales. (29) 4. Cuba: 5 - 11.
- **VALDÉS MÉNDEZ W.; S. RODRÍGUEZ PÉREZ y J. R. CÁRDENAS.** 1999. Utilización del lodo obtenido de la digestión anaeróbica de la cachaza como bioabono para el cultivo del ajo porro (*Allium porrum* L.). Rev. INTERCIENCIA. (24) 4. Cuba: 264 – 267.

