



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

**“Trabajo Final
para optar al grado de Ingeniero Agrónomo”**

MODALIDAD: PROYECTO

**EFFECTOS DEL MULCHING PLÁSTICO Y LA APLICACIÓN DE
BIOSÓLIDOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE
BRÓCOLI (*Brassica oleracea L. var. itálica* Plenck) REGADO CON
EFLUENTES URBANOS TRATADOS**

ALONSO, JULIO WENCESLAO

D.N.I. 29.833.598

DIRECTOR: Ing. Agr. M Sc. Grosso, Liliana Elida

CO-DIRECTOR: Ing. Agr. Ramos, Diego

Río Cuarto-Córdoba

Diciembre – 2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: **EFFECTOS DEL MULCHING PLÁSTICO Y LA
APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL
CULTIVO DE BRÓCOLI**(*Brassica oleracea* L.var. *itálica* Plenck) **REGADO
CON EFLUENTES URBANOS TRATADOS**

Autor: Alonso, Julio Wenceslao
DNI: 29833598

Director: Ing. Agr. M Sc. Grosso, Liliana Elida

Co-Director: Ing. Agr. Ramos, Diego

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

Ing. Agr. Guevara, Ernesto _____

Ing. Agr. Salusso, Fabricio _____

Ing. Agr. M Sc. Grosso, Liliana Elida _____

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
Uso de efluentes urbanos tratados.....	2
Uso de mulching plástico.....	2
Biosólidos.....	3
ANTECEDENTES.....	5
HIPOTESIS Y OBJETIVOS.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
Sitio experimental.....	11
Caracterización del ambiente.....	11
Tratamiento del efluente urbano y biosólidos.....	11
Sistema de riego por goteo.....	14
Características del ensayo.....	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
Temperatura.....	19
Diámetro de pella y diámetro de pedúnculo.....	19
Peso individual de las pellas.....	21
Rendimiento comercial.....	22
Análisis microbiológicos.....	24
CONCLUSIÓN.....	25

BIBLIOGRAFÍA.....26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Determinaciones analíticas del efluente urbano tratado	13
Tabla 2. Características agroecológicas de los biosólidos año 2012.....	14
Tabla 3. Diámetro de pella y diámetro de pedúnculo de la inflorescencia para cada tratamiento.....	20
Tabla 4. Peso de pellas para cada tratamiento.....	21
Tabla 5. Valores medios obtenidos en rendimiento comercial para cada tratamiento.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cámara concentradora de los efluentes urbanos.....	12
Figura 2. Sedimentador de lodos y lagunas facultativas.....	12
Figura 3. Líneas porta goteros y línea principal de riego.....	15
Figura 4. Precipitaciones 2012 y valores promedios históricos (1981-2010) para el periodo Agosto-Noviembre.....	15
Figura 5. Plantación de cultivo de brócoli.....	16
Figura 6. Descarga, acopio y aplicación de biosolidos.....	17
Figura 7. Cosecha de las pellas de brócoli para mercado en fresco.....	17
Figura 8. Evolución de la temperatura de suelo durante el ciclo del cultivo	19
Figura 9. Medición diámetro de pella y diámetro de pedúnculo de la inflorescencia.....	20
Figura 10. Pesaje de pellas.....	21
Figura 11. Pellas frescas obtenidas en cada tratamiento.....	23
Figura 12. Rendimiento comercial de pellas frescas.....	23

RESUMEN

La reutilización de aguas residuales tratadas, el mulching plástico y biosólidos, constituyen un valioso recurso para la producción hortícola. Con el objetivo de evaluar el rendimiento y la calidad sanitaria, se plantó el 7 de agosto de 2012, brócoli a una densidad de 4,07 plantas m^2 (0,70m. entre surcos y 0,35m entre plantas) en un diseño experimental de bloques completos al azar, con 3 (tres) tratamientos y 4 (cuatro) repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes: Mulching plástico (M.P), Biosólido 150 $t.ha^{-1}$ (B150) y un testigo (T). El cultivo fue regado por goteo con efluentes urbanos tratados, siendo la lámina bruta aplicada de 427,2 mm, y los aportes por precipitación durante el ciclo de 260 mm. El mulching plástico se colocó previo a la plantación del cultivo y la aplicación de biosólido se realizó en forma manual a los 40 días del ciclo, momento en el cual el cultivo se encontraba en la fase lineal de crecimiento. Los rendimientos obtenidos en cada tratamiento fueron: Testigo: 6,87 $t.ha^{-1}$; Mulching plástico 11,03 $t.ha^{-1}$ y B150: 10,8 $t.ha^{-1}$. Los análisis bacteriológicos de los pellas confirmaron ausencia de *Escherichiacoli* y *Salmonella sp.*, demostrándose que éstas tecnologías permitieron aumentar el rendimiento sin afectar la calidad sanitaria.

SUMMARY

The reuse of treated wastewater and biosolids are a valuable resource for horticultural production. In order to evaluate the performance and quality healthcare, stood the August 7, 2012, Broccoli at a density of 4,07 plants m⁻² (0,70 m. between rows and 0,35 m between plants) experimental design of randomized complete block with three (3) treatments and 4 (four) repeats. The treatments were: Plastic mulching (M.P), Biosolid 150 t ha⁻¹ (B150) and an untreated biosolids (W). All treatments drip irrigated with treated urban effluent, raw sheet being applied to 427, 2 mm, and inputs by precipitation during the cycle of 260 mm. The plastic mulching was placed previously to the seed and the application of the biosolid was handmade at 40 day cycle, at which the culture is in the linear phase of growth. The yields obtained in each treatment were: Control: 6.87 t ha⁻¹, Plastic mulching: 11.03 t ha⁻¹ and B150: 10.8 t ha⁻¹. Bacteriological analysis of the pellets confirmed absence of *Escherichia coli* and *Salmonella sp.*, showing that these technologies allowed increase performance without affecting the health quality.

INTRODUCCIÓN

Importancia del cultivo

El Brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *itálica* Plenck) es una especie sumamente polimorfa, y procede de un antepasado que se encuentra aún hoy en los acantilados marítimos del noroeste de Europa y el mar Mediterráneo. Después de un cultivo milenario y de generaciones de selección, el hombre ha moldeado la forma salvaje para explotar sus órganos vegetativos y reproductivos. Por ello, la coliflor, el kale o col crespá, el repollito de Bruselas, la col rábano y el repollo pertenecen a la misma especie que el brócoli, distinguiéndose entre sí por tratarse de diferentes variedades botánicas (Lesser *et al.*, 1997).

El brócoli es una crucífera con gran importancia económica a nivel mundial, estas se cultivan anualmente por sus pellas, que se consumen principalmente como verduras crudas, cocidas, en encurtidos o industrializadas (Nuez *et al.*, 1999). En la actualidad su cultivo se extiende por Europa, diversos países asiáticos, y Estados Unidos. En éste último, el crecimiento del cultivo ha sido notable en los últimos años, el consumo de brócoli ha pasado de 0,7 a 2,5 kg.hab⁻¹.año⁻¹; y el área de producción de 16.649 a 43.384 ha, ocupando un lugar sobresaliente en ventas de ese país (Lesser *et al.*, 1997), además considerando que EEUU importa alrededor de 45.000 t anuales de brócoli, constituye un mercado potencial para exportar brócoli desde Argentina si se logra la calidad adecuada (Francescangeli *et al.*, 2007).

En Argentina, el cultivo de brócoli presenta un desarrollo económico creciente, tal es así que en la década de los '80 se consumían 0,5 kg.hab⁻¹.año⁻¹ y para el período comprendido entre 1990-1995 los volúmenes de comercialización habían crecido un 265% (Aprea, 2008).

El brócoli es llamado "la joya de la nutrición" por ser rico en vitaminas y fibra, y pobre en calorías. Posee componentes que incrementan la actividad de enzimas protectoras, que previenen la formación de tumores cancerosos. Las vitaminas A y C reducen y previenen los daños en las células, que favorecen enfermedades como la artritis, el mal de Alzheimer y diversas cardiopatías. Por su alto contenido en fibras solubles, el brócoli ayuda a combatir la diabetes y el cáncer de colon. Como contiene más vitamina C que la leche, controla eficientemente la función muscular y la formación de masa ósea, previniendo la osteoporosis. Por su bajo contenido en calorías ayuda a luchar contra la obesidad y todas sus enfermedades asociadas. Finalmente, por su riqueza en beta carotenos contribuye a disminuir los riesgos de ataques cardíacos (Sheldon *et al.*, 1992).

Uso de efluentes urbanos tratados

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, obligando 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 reutilización de los efluentes es una alternativa válida que constituye un recurso y no un desperdicio (Fulhage, 1993). Además su implementación es considerada segura y aceptable produciendo importantes rendimientos en cantidad y calidad (Asano *et al.*, 1992).

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 Merzthal, 2001). Algunos productos derivados son el biogas (esencialmente metano y dióxido de carbono) (Pavlostathis y Giraldo Gómez, 1991) que puede ser utilizado como fuente de energía (Flotatset *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.

Uso de mulching plástico

El mulching o acolchado, es una técnica muy conocida que consiste básicamente en cubrir el suelo con distintos materiales, como el compost, estiércol, pasto seco, residuos de cultivos, hojas o paja, evitando así, que el terreno quede expuesto al contacto con el aire. Un mulch puede ser de 2-7 cm de espesor o más (Stinsonet *al.*, 1990; Turney y Menge, 1994; Wolstenholme *et al.*, 1996); incluye también la utilización de materiales sintéticos en la superficie del suelo (Robinson, 1988).

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). Existen dos tipos de acolchado, el orgánico y el artificial (utilización de plásticos). La elección de mulch orgánicos se basa en su 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 temperatura del suelo, control de malezas, entre otras (Turney y Menge, 1994).

Respecto al uso de mulching plástico este puede incrementar la temperatura aproximadamente 6 °C a una profundidad de 5 cm cuando el color del mulching es negro, mientras que los de colores claros pueden incrementarla hasta 3 °C. El efecto del incremento de temperatura se refleja en cosecha precoz e incremento en rendimiento total (Martínez de la Cerda, 2008).

Otra ventaja importante del uso de mulch es su efecto sobre el control de malezas, un factor determinante de la producción de brócoli, ya que ellas pueden ejercer una altísima competencia al cultivo principalmente durante el primer mes (Martínez de la Cerda, 2008).

Castillo (1998) trabajando con brócoli, donde los tratamientos consistieron en cobertura de suelo con filmes de polietileno, además de un testigo con suelo desnudo, encontró que tanto las temperaturas de suelo (mínimas y máximas), como el rendimiento, siempre fueron superiores al testigo sin acolchar.

Biosólidos

Los biosólidos son principalmente materiales orgánicos producidos durante el tratamiento de aguas residuales, los cuales pueden ser utilizados en diversos usos beneficiosos. 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), otros productos derivados, son 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).

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).

La aplicación de biosólidos al suelo mejoran 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 el níquel, el zinc y el cobre (EPA, 2000).

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

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.

ANTECEDENTES

Mulching

Cook et al., 2006; Ramakrishna et al., 2006; Yang *et al.*, 2006 realizaron numerosos estudios para determinar la influencia de la cobertura plástica en la evaporación de agua desde el suelo y en su contenido de humedad, definiendo que el acolchado de polietileno puede debilitar la intensidad del intercambio turbulento entre la atmósfera y el agua del suelo, lo que reduce su evaporación.

Turney y Menge (1994) concluyeron que el acolchado plástico favorece la conservación de la humedad del suelo, disminuye la escorrentía superficial y la erosión del suelo y aumenta la permeabilidad y la capacidad de retención de agua del suelo. La cobertura aumenta significativamente la humedad del suelo en la capa superficial (0-5 cm) en comparación con el suelo desnudo (Zhang *et al.*, 2008).

Gonzalo (2009) estudio la evolución en el tiempo de la evaporación acumulada de una lámina libre de agua en un suelo desnudo y otro acolchado. Sus resultados mostraron que la cobertura, redujo drásticamente las tasas de evaporación y mantuvo la humedad del suelo mayor que la del suelo desnudo.

Respecto al efecto del mulching plástico sobre la temperatura del suelo, Munguia *et al* (2004) encontraron en un cultivo de melón bajo acolchado plástico, que la temperatura media del suelo y del dosel vegetal, fueron mayores que en el suelo desnudo. Asimismo, la radiación neta y el flujo de calor latente y sensible fueron también mayores, lo que produjo precocidad en el desarrollo del cultivo.

Bonanno *et al.*, (1987) concluyeron que la temperatura media del suelo fue mayor bajo el suelo acolchado que en el suelo desnudo. Sin embargo, la evolución de la temperatura del suelo varía considerablemente según el color de la cobertura plástica y su composición. El plástico transparente permite el paso de la radiación luminosa que aumenta la temperatura del suelo, mientras que el plástico negro absorbe la mayor parte de la radiación y obstaculiza hasta cierto grado el calentamiento del suelo.

Richard (1983) concluye que el mulching plástico puede proporcionar un ambiente ideal para el desarrollo de las raíces que es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Leal (2007) ha demostrado que la temperatura de la zona radicular de la vid, influye en la brotación, en el crecimiento de los brotes y en la composición de la fruta en un ambiente controlado (leal, 2007).

Moreno (2009) encontró que el uso de mulching plástico en una variedad de ciruelo, con una fecha de recolección media en la última decena de mayo, produjo un adelantamiento de unos 15 días respecto al testigo sobre suelo desnudo. Asimismo, la utilización de acolchados plásticos favorece un rápido

crecimiento y un incremento del rendimiento en productos hortícolas como melón (Lamont, 1993, Munguia *et al.*, 2004), sandía (Moreno *et al.*, 2005), tomate y pimiento (Ibarra, 2004).

Iglesias, (2014) en el INTA – EEA (estación experimental agropecuaria) de Rio Negro, evaluó el efecto del mulching plástico sobre el desarrollo y productividad del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado, y llegaron a la conclusión que los rendimientos comerciales y totales en los tratamientos con cubiertas plásticas fueron significativamente superiores al tratamiento de suelo sin cobertura. Además evaluó la respuesta del cultivo de tomate al empleo de cubierta plástica de suelo en lo referido a la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada. Se determinó que, a los 41 días después del trasplante se observan mayores valores en los suelos cubiertos con mulching plástico lo cual acentúa con el cultivo más desarrollado. Luego analizaron parámetros de crecimiento. El empleo de cubierta plástica permitió un mayor crecimiento en altura de las plantas, que se mantuvo a lo largo del cultivo.

Biosólidos

La cantidad de biosólidos (previamente conocido como aguas residuales tratadas) que se produjo en Estados Unidos, en el 2010, fue aproximadamente de 7.2 millones de t, un incremento de 0.1 millones de t desde 2004 (Beecher y Goldstein, 2010). Actualmente, cerca del 74% de la producción anual de biosólidos es usada beneficiosamente en agricultura, bosques, enmiendas de suelos o son almacenados para dichos propósitos (NEBRA, 2007).

Según USEPA (1999), el uso benéfico de biosólidos puede incrementarse debido a los beneficios de su reciclaje, costo competitivo, y con educación producirá una percepción positiva en el público (USEPA, 1999). Los biosólidos pueden ser usados en viveros, jardines, productores de mezclas de suelo, parques, producción de hortalizas, frutas y plantas ornamentales.

Los biosólidos, conocidos también como aguas residuales tratadas, son un subproducto de aguas de desecho y estiércol humano especialmente tratado, estabilizado y desinfectado que se originan de aguas residuales de áreas urbanas o industriales y de escorrentía de aguas de lluvia. Las regulaciones para el pre-tratamiento de biosólidos requieren que las plantas industriales transformen o remuevan cualquier tipo de contaminante derivado de aguas residuales (plásticos, trapos, rocas, etc.) antes que sean descargadas a la planta de tratamiento municipal. Las materias primas (aguas residuales) de etapas previas deben ser procesadas para producir biosólidos. Los objetivos del tratamiento son destruir organismos causantes de enfermedades, tales como bacterias, virus y reducir los olores fétidos (USEPA, 1994).

La aplicación al suelo de biosólidos solo o en combinación con otros materiales ha sido reportada en varias publicaciones por contribuir al aumento en el rendimiento de varias hortalizas las cuales incluyen tomate (*Lycopersicon esculentum*), calabaza (*Cucurbitamaxima*) y frijol (*Phaseolusvulgaris*). En Florida, las dosis de aplicación en el nivel más bajo es de 3 a 6 ton.acre⁻¹ (6.7 a 13.5 t.ha⁻¹) reflejando un incremento del rendimiento en los cultivos de tomate, calabaza y frijol (Bryan y Lance, 1991; Ozores-Hampton, M., H.H. Bryan and R. McMillan. 1994). Los biosólidos se utilizan en el cultivo de chile pimiento (*Capsicumannuum*) para reducir la dosis de N en un 50% lográndose alcanzar el mismo rendimiento comercial que un cultivo de chile pimiento con la aplicación del fertilizante (Ozores-Hampton, M., P.A. Stansly, T.A. Obreza. 2000). La biomasa de la planta fue mayor con la aplicación de biosólidos que el control al cual no se había aplicado biosólidos. El pH del suelo, la prueba de fósforo extraíble Mehlich 1, potasio, calcio, magnesio, zinc, manganeso, hierro y cobre fueron mayores en las parcelas con aplicación de biosólidos que la parcela control. La concentración de materia orgánica en el suelo fue tres veces mayor en donde los biosólidos fueron aplicados y comparados con el suelo al cual no fue aplicado.

La combinación de biosólidos y fertilizantes inorgánicos generalmente ha sido más efectiva para producir una respuesta positiva en el cultivo que la aplicación de fertilizante y biosólidos por separado (Ozores-Hampton, M.P. y T.A. Obreza. 1999).

Existen varios beneficios para los productores a través del uso de biosólidos como la mejora física (capacidad de retención de agua), química (reducción de la aplicación de fertilizante) y propiedades biológicas del suelo las cuales incrementan la población microbiana (Gallardo Lara, F. y R. Nogales. 1987).

Crespi (2005) demostró que en la zona central de Argentina es posible reutilizar los efluentes municipales tratados mediante riego por goteo superficial y sus derivados (biosólidos) aprovechando un importante recurso hídrico, reduciendo el impacto ambiental y maximizando los beneficios agrícolas de diversos cultivos. 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 (*Brassicaoleracea* var. *botrytis*) (Martínez *et al.*, 2001).

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 (*Brassicaoleracea* 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 (2008) con el objetivo de evaluar el impacto del uso agrícola de 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.

Ozores-Hampton y Méndez (2010) evaluaron el efecto de los biosólidos en la producción de hortalizas en Florida (EEUU), reflejando un incremento de rendimiento en cultivos de tomate, calabaza y frijol, a una dosis de aplicación a razón 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.

Respecto a la utilización de efluentes en cultivos hortícolas, Moscoso (1999) en un proyecto a escala de campo, durante un período de 5 años, cultivando alcachofas, brócoli, coliflor, lechuga y apio; determino diferencias significativas en la producción de apio y brócoli utilizando aguas residuales tratadas.

Grosso *et al.*, (2004), Crespi *et al.*, (2005) regaron diferentes cultivares de ajo “blanco” y “morado” con dos calidades diferentes de agua, efluentes urbanos tratados y agua de perforación, no encontrándose diferencias estadísticas significativas entre ambos tipos de calidades de agua para la producción (kg ha⁻¹), además, el riego con efluentes resultó seguro para la salud humana.

Moscoso y Merzthal, (2001), analizaron el uso de aguas residuales urbanas tratadas y no tratadas en la agricultura urbana, en un proyecto realizado en 1991 por el Ministerio de Agricultura de Perú, el cual consistió en evaluar el grado de sustitución de fertilizantes inorgánicos por el aporte de nutrientes desde las aguas residuales tratadas, ensayando en diferentes cultivos tales como frijol, brócoli, maíz, entre otros, y pudiendo demostrar que este tipo de aguas, aportan nutrientes requeridos por los cultivos, permitiendo ahorrar en costos de fertilización.

El propósito del trabajo será evaluar el efecto de la cobertura de suelo con mulching plástico, la aplicación de biosólidos y la utilización de efluentes como fuente de agua para riego sobre la

productividad del cultivo de brócoli y su calidad sanitaria. A nivel local no existe suficiente información al respecto.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

HIPÓTESIS

La cobertura del suelo con mulching plástico y el efecto fertilizante de los biosólidos tendrán una incidencia positiva en la productividad del cultivo de brócoli, regado con efluentes urbanos tratados.

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto del uso de mulching plástico y la aplicación de biosólidos sobre la productividad y calidad sanitaria del cultivo de brócoli, regado con efluentes urbanos tratados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la evolución de la temperatura de suelo durante el ciclo del cultivo para cada uno de los tratamientos.
- Determinar el diámetro de pella (cm), diámetro de pedúnculo de la inflorescencia (cm), peso individual de las pellas (g) y rendimiento comercial ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).
- Determinar la presencia o ausencia de *Salmonella sp* y el límite de carga admitida de *Escherichia Coli*, ambos microorganismos dañinos para la salud.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Sitio experimental

El ensayo se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto próximo a las Residencias Estudiantiles Universitaria, (33°07' LS, 64° 14' LO y a 421 metros sobre el nivel del mar), donde está instalada una Planta experimental para el tratamiento y la reutilización de aguas residuales urbanas con un potencial de captación del efluente erogado por un complejo habitacional de 208 habitantes, en el Departamento de Río Cuarto, Provincia de Córdoba, Argentina.

2. Caracterización del ambiente

El clima de la región es templado-subhúmedo, con un régimen de precipitaciones monzónico, es decir, concentrado en el período primavera-verano (el 80% de las lluvias ocurre entre octubre y abril). El período libre de heladas en Río Cuarto es de 256 días y va desde mediados de Septiembre a mediados de Mayo (ADESUR, 1999). El Departamento Río Cuarto está ubicado en la región caracterizada como llanuras bien drenadas con invierno seco. La zona presenta un paisaje de planicie intermedia con relieve normal-subnormal, suavemente ondulado a ondulado, con pendientes largas, de gradientes entre 0,5-1% (Cantero *et al.*, 1986).

3. Tratamiento del Efluente Urbano y Biosólidos

El efluente urbano procedió de la interconexión de los 50 departamentos de las Residencias Estudiantiles Universitarias (REU), complejo habitacional de 208 habitantes, que por medio de la Planta Piloto de Tratamientos y Reutilización de Efluentes Urbanos de la UNRC tratan un caudal de 25000 Ld⁻¹ de efluentes urbanos generados por los mismos.

La recolección del efluente se hizo mediante una red domiciliaria que capta directamente los residuos de los baños y se derivan a una cámara séptica para comenzar con el tratamiento. El sistema de tuberías y accesorios fueron de PVC, las tuberías secundarias o colectoras de 110 mm de diámetro se ubicaron a una profundidad de 0,60 m para recoger los efluentes de cada departamento y luego descargarse en la tubería principal de 45 m de longitud y 160 mm de diámetro que conduce todo el caudal con una pendiente de 1,5 % hacia una cámara receptora de cemento de 1,5 m de ancho por 2,5 m de largo por 5 m de profundidad, pasando el material 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 un primer pre filtro de material grueso, y luego vierte por gravedad en canasto de acero inoxidable de 0,075 m³ cubierto de perforaciones que actúa como “un colador” y que hace las veces de segundo pre filtro que retiene el grueso que podría haber pasado en el paso anterior; semanalmente se retrae el canasto para su limpieza, se lava y se introduce nuevamente en su lugar, Figura 1.

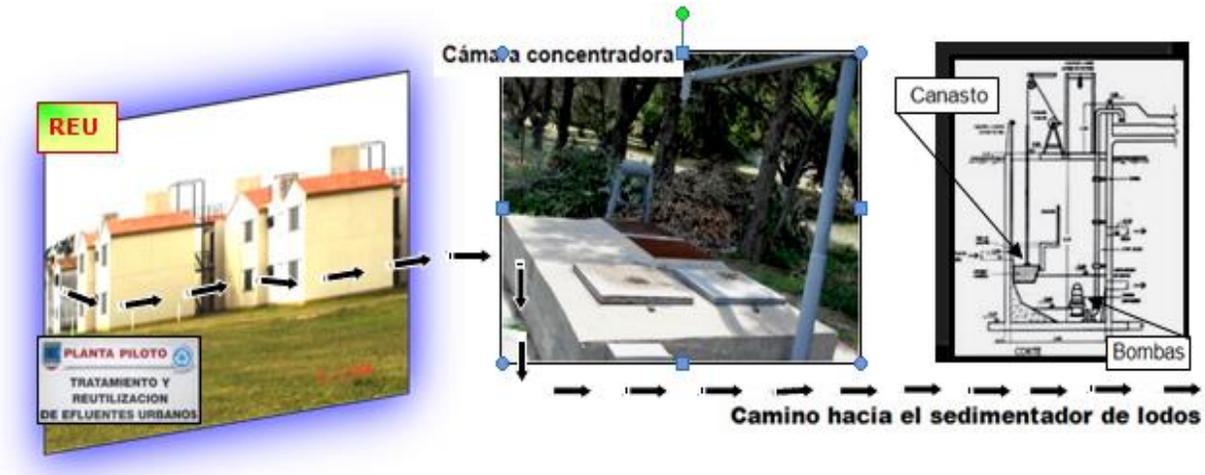


Figura 1. Cámara concentradora de los efluentes urbanos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba

Se presenta también a la derecha de la Figura 1, un corte transversal del plano de la cámara donde puede observarse las partes principales en su interior, como el canasto de limpieza y dos electrobombas centrífugas que operan en forma automática cada vez que se almacena en la cámara un volumen de efluente de 3.000 L, enviándolo hacia el tanque sedimentador de lodos de 10.000 L de capacidad (Figura 2) y lagunas facultativas con macrófitas acuáticas.

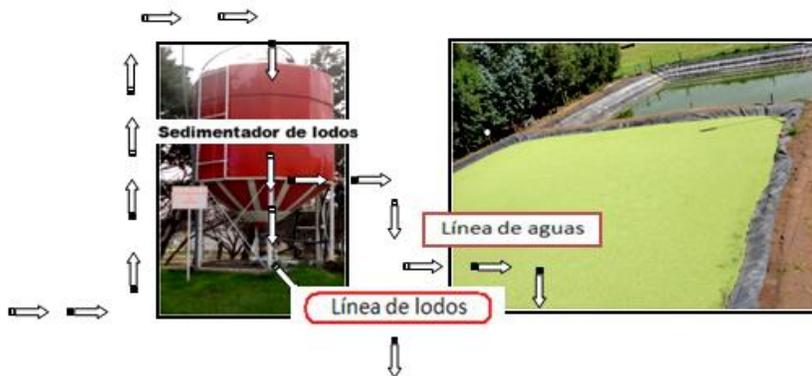


Figura 2. Sedimentador de lodos y lagunas facultativas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba

Los lodos obtenidos por decantación en el sedimentador de lodos, se condujeron por una tubería de PVC de 30 m de longitud y 63 mm de diámetro hasta la boca de carga del biodigestor con una pendiente del 4% donde se realizó su tratamiento por transformación de la materia orgánica en un sistema de biodigestión fijo y campana flotante. El biodigestor consiste en un tanque enterrado, de 300 L de capacidad, cuya boca de carga se encuentra a 1 m de profundidad en un nivel inferior respecto a la superficie del suelo desde el cual es tomado para su aplicación en el cultivo de brócoli (Crespíet *al.*, 2010).

El análisis de la composición físico-química del efluente urbano tratado utilizado como fuente de agua para riego se muestra en la Tabla 1.

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

Determinación	Unidad	Valor	Determinación	Unidad	Valor
Sólidos sedimentables (120')	Mg.l ⁻¹	0,80	Litio	Mg.l ⁻¹	No detectable
Sólidos totales	Mg.l ⁻¹	842,00	Boro	Mg.l ⁻¹	0,14
Sólidos totales fijos	Mg.l ⁻¹	298,00	Cromo	Mg.l ⁻¹	0,04
Sólidos totales volátiles	Mg.l ⁻¹	544,00	Magnesio	Mg.l ⁻¹	11,6
Sólidos disueltos Totales	Mg.l ⁻¹	590,00	Manganeso	Mg.l ⁻¹	0,08
Sólidos disueltos Fijos	Mg.l ⁻¹	380,00	Níquel	Mg.l ⁻¹	No detectable
Sólidos disueltos Volátiles	Mg.l ⁻¹	210,00	Potasio	Mg.l ⁻¹	16
Sólidos Suspendedos Totales	Mg.l ⁻¹	252,00	Plomo	Mg.l ⁻¹	No detectable
pH		7,82	Selenio	Mg.l ⁻¹	No detectable
Conductividad eléctrica	Dg.l ⁻¹	1,13	Sodio	Mg.l ⁻¹	158
Turbiedad	FAU	263,50	Aluminio	Mg.l ⁻¹	0,99
Color Verdadero	PtCo APHA	1150,00	Arsénico	Mg.l ⁻¹	0,017
Nitrógeno total	Mg.l ⁻¹	108,50	Cadmio	Mg.l ⁻¹	0,00014
Cloruros	Mg.l ⁻¹	138,00	Calcio	Mg.l ⁻¹	50
Sulfatos	Mg.l ⁻¹	14,50	Zinc	Mg.l ⁻¹	0,11
Alcalinidad total	Mg.l ⁻¹	350,00	Cobalto	Mg.l ⁻¹	No detectable

Alcalinidad carbonatos	Mg.l ⁻¹	<1	Cobre	Mg.l ⁻¹	No detectable
Fósforo total	Mg.l ⁻¹	8,10	Demanda Quím. O ₂	Mg.l ⁻¹	265
Hierro	Mg.l ⁻¹	1,30	Demanda Biol. O ₂	Mg.l ⁻¹	112,57

Las determinaciones físico-químicas fueron realizadas por el Departamento de Tecnología Química de la Facultad de Ingeniería de la UNRC y por el INTA (Mendoza); el departamento de Microbiología de Ciencias Exactas de la UNRC, fue el responsable de realizar un conteo promedio de coliformes del efluente crudo estableciendo un valor de coliformes totales de 9.0 por 10¹² NMP/100 ml de agua residual (Crespi *et al.*, 2005).

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 año 2012. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Parámetros	Unidad	Valor
Cenizas	(%)	60,97
Materia Orgánica	(%)	39,03
Nitrógeno total	(%)	1,76
Fósforo	(%)	1,29
Potasio	(%)	0,66
Carbono	(%)	24,66
C/N		14,36

4. Sistema de riego por goteo

Para establecer la línea de riego se utilizó un sistema de riego por goteo con una tubería de PVC ubicada en la cabecera de los surcos, donde se colocaron mediante el uso de conectores, cintas de goteo dispuestas en proximidad a la hilera de plantación (una cinta por hilera de plantación), con tres emisores por metro lineal, y un caudal medio (qm.) de 0,81 L h⁻¹ (Figura 3).



Figura 3: Línea principal de riego y cintas de goteo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Los riegos realizados por semana tuvieron una duración aproximada de dos horas cada uno, (cuatro horas semanales), teniendo en cuenta que el caudal medio (qm.) fue de $0,81 \text{ L h}^{-1}$, y un valor de coeficiente de uniformidad (C.U.) de 85.36%, la lamina aplicada fue de $10.68 \text{ mm.h}^{-1} \text{ m}^{-2}$, dando un total aplicado por riego de 427.2 mm. Por su parte, el aporte realizado por las precipitaciones durante el ciclo del cultivo fue de 260 mm, alcanzando un total de agua aportada al cultivo de 687.2 mm. En la Figura 4, se muestran los valores de precipitaciones del año 2012 y los valores promedios de la serie histórica 1981-2010 para el período de cultivo.

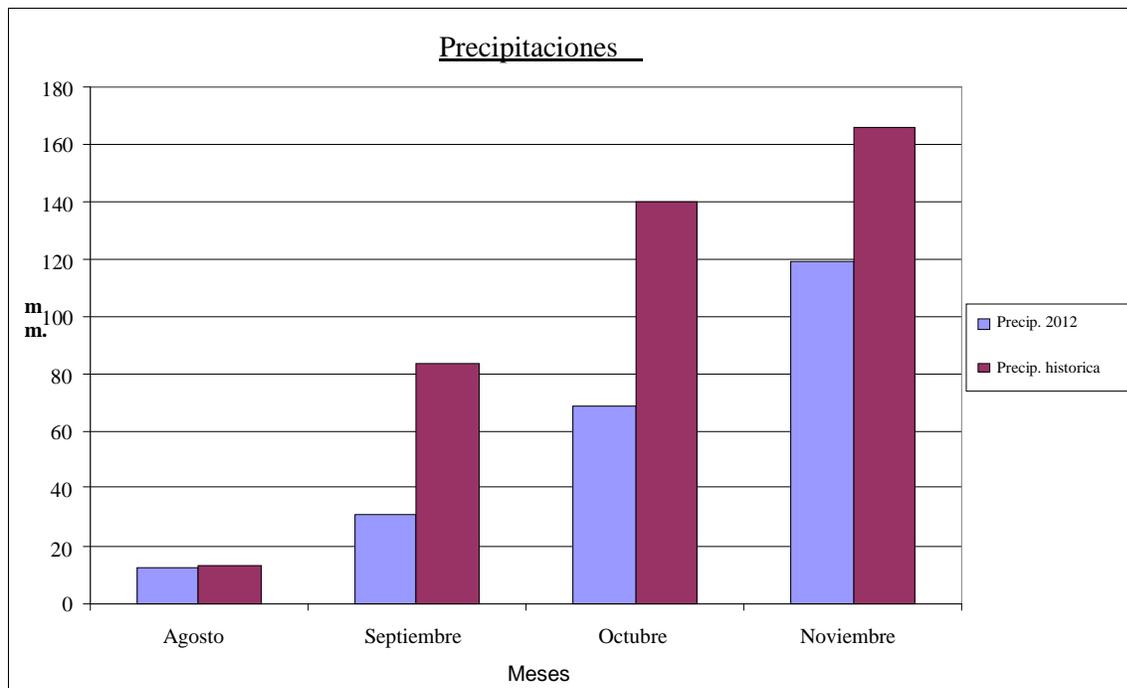


Figura 4: Precipitaciones de 2012 y valores promedios históricos (1981-2010) para el período Agosto –Noviembre.

Fuente: Cátedra de Agro meteorología Agrícola de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC.

Características del ensayo

El cultivo se inició en bandejas de germinación bajo condiciones de invernadero, y se realizó el trasplante a campo a los 35 días después de la siembra, en el mes de agosto (07/08/2012) a una densidad de 4,08 plantas.m⁻², y en un marco de plantación de 0,70 m entre hileras y 0,35 m entre plantas. El híbrido utilizado fue Conde, de ciclo corto-intermedio (90 días). Figura 5.



Figura 5: Plantación del cultivo de brócoli. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones. La superficie de la parcela fue de 94,08 m², mientras que el tamaño de las subparcelas correspondientes a cada tratamiento fue de 7,84 m².

Los tratamientos fueron los siguientes:

- 1) Mulching plástico (MP).
- 2) Aplicación de 150 t. ha⁻¹ de biosólido (91 % humedad) (Bio150).
- 3) Testigo (T).

Todos los tratamientos se regaron con efluentes urbanos tratados.

La aplicación de biosólidos se realizó en forma manual, incorporándolo a una profundidad de 5 cm entre los surcos. La dosis de biosólidos fueron distribuidas a los 40 días de ciclo, momento en el cual el cultivo se encontraba en la fase lineal de crecimiento (Rincón Sánchez *et al.*, 1998). Figura 6 se puede observar la manipulación del biosólido.



Figura 6: Descarga, acopio y aplicación de biosólidos. UNRC. Río cuarto. Córdoba.

Se realizó semanalmente un seguimiento de la temperatura del suelo a 5, 10 y 15 cm de profundidad mediante el uso de geotermómetros. Donde se tomaron muestras sobre el mulching plástico y sobre suelo desnudo para evaluar la influencia del primero en la temperatura del suelo.

La cosecha del cultivo se realizó cuando las pellas alcanzaron el tamaño comercial adecuado, según las exigencias del mercado. 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 (kg ha^{-1}) expresado en peso fresco. En la Figura 7 se muestra la cosecha del cultivo.



Figura 7. Cosecha de las pellas de brócoli para mercado en fresco. UNRC. Río Cuarto. Córdoba

Para evaluar la calidad sanitaria del cultivo, se realizó el análisis microbiológico correspondiente, donde se tomaron muestras de pellas de cada tratamiento, al momento de la cosecha, se colocaron en bolsas de nylon identificadas y se llevaron al laboratorio de la U.N.R.C. para realizar mediante análisis bacteriológicos la determinación de *Escherichiacoli* y *Salmonella sp.* Para la determinación de *Escherichiacoli* se utilizó el método del Caldo Mac Conkey a 35 °C 24-48 hs. Aislamiento en Agar Eosina-Azul de metileno y confirmación por medio de pruebas bioquímicas. Metodología analítica: ICMSF (1983). Para la determinación de *Salmonella sp.*, se utilizó caldo lactosado a 35°C, Caldo Tetrionato y Caldo Selenito-Cistina a 35 °C; observación de colonias y sospechosas en Agares Selectivos y Diferenciales, pruebas bioquímicas y serológicas confirmatorias. Metodología analítica: ICMSF (1983).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura de suelo

Con respecto a la evolución de la temperatura del suelo se pudo determinar diferencias entre los tratamientos, debajo de la cobertura plástica en promedio los valores fueron superiores en 1 °C con máximas que alcanzaron los 3 °C. Estos resultados son coincidentes con las aseveraciones de Castillo (1998); Cantamutto., *et al* (2001), que en ensayos similares en brócoli lograron aumentos de temperatura de suelo bajo mulching plástico. El la figura 8 se muestra la evolución de la temperatura de suelo durante el ciclo del cultivo.

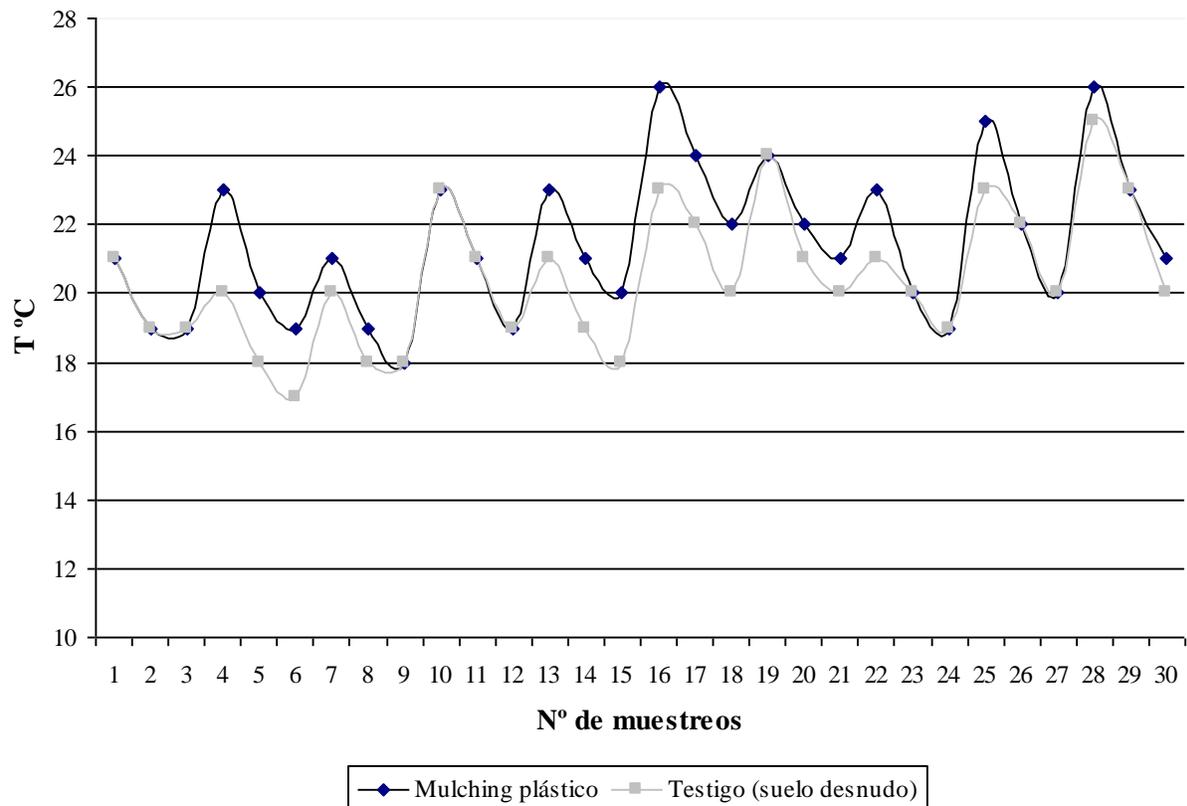


Figura 8: Evolución de la temperatura de suelo durante el ciclo del cultivo. UNRC. Río cuarto. Córdoba.

Diámetro de pella y diámetro de pedúnculo

Con respecto al comportamiento de las variables diámetro de pella y diámetro de pedúnculo de la inflorescencia, se pudo determinar diferencias significativas entre los tratamientos. En la Tabla 3 se muestran los valores medios obtenidos para cada tratamiento y su diferencia según el test LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Tabla 3: Diámetro de pella y diámetro de pedúnculo de la inflorescencia para cada tratamiento.

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

Tratamiento	Diámetro de pella(cm)	Diámetro de pedúnculo(cm)
M.P	14,83 a	2,96 a
B 150	12,44 b	2,83 b
T	11,01 c	2,62 c

En relación a la variable diámetro de pella, los resultados muestran una diferencia significativa a favor del tratamiento con mulching plástico, respecto al tratamiento con biosólidos y al testigo, donde los valores medios obtenidos fueron de 11,01 cm para el testigo, 12,44 cm para el tratamiento de biosólido y 14,83 cm para el de mulching plástico.

El diámetro del pedúnculo presentó un comportamiento similar a la variable anterior, se observó un aumento en el diámetro del pedúnculo de las pellas en el tratamiento con mulching plástico respecto al de biosólido y testigo. Los valores medios obtenidos fueron de 2,62 cm en el testigo, 2,83 en el de biosólido y 2,96 para el tratamiento de mulching plástico. La figura 9 muestra la medición de las variables.

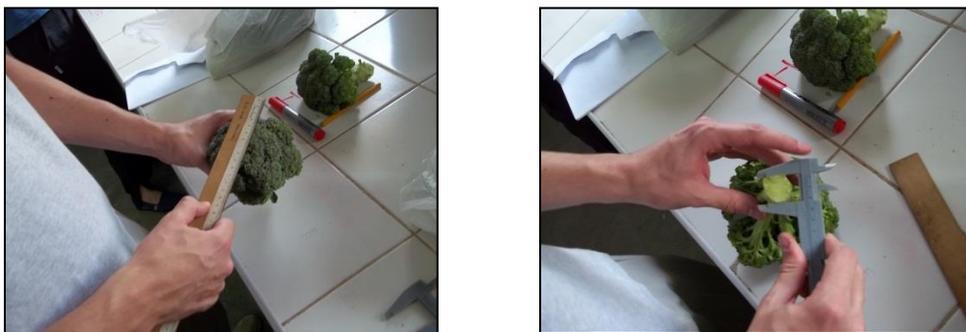


Figura 9: Medición diámetro de pella y diámetro del pedúnculo de la inflorescencia. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Peso individual de las pellas

La variable peso individual de pellas presentó una evidente diferencia entre los tratamientos, en el tratamiento testigo el valor medio que se obtuvo fue 168,38 g, seguido del tratamiento con biosólidos de 150 t ha⁻¹ con un valor de 219,85 g, y finalmente con el mayor peso, el tratamiento de cobertura plástica con un valor de 270,33 g. Las diferencias entre los tratamientos fueron estadísticamente significativas, evidenciándose una mejora en el peso de las pellas con la cobertura plástica y con aplicación de biosólido. En la Tabla 4 se muestran los valores medios obtenidos para cada tratamiento y su diferencia según el test LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Tabla 4: Peso de pellas para cada tratamiento. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Tratamiento	Peso de Pella (g.)
M.P	270,33 a
B 150	219,85 b
T	168,38 c

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

Tanto el efecto de la cobertura plástica, como la aplicación de biosólidos permitieron aumentar la productividad del cultivo de brócoli, mejorando el diámetro de pellas, diámetro de pedúnculo y peso individual de las pellas. En la Figura 10 se observa el pesaje de las pellas.



Figura 10: Pesaje de pellas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba

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 ante el uso de la mulching plástico y la aplicación de biosólidos, esto también se observó en el rendimiento comercial en peso fresco del cultivo. Los tratamientos con mulching plástico y biosólidos superaron significativamente al testigo. El mulching plástico arrojó los mejores resultados, alcanzando valores cercanos al doble de los obtenidos en el testigo. En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 5: Valores medios obtenidos en rendimiento comercial para cada tratamiento.

Tratamiento	Rendimiento comercial (t.ha ⁻¹)
M.P	11,03 a
B 150	10,8 b
T	6,87 c

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

Estos resultados confirman las respuestas encontradas por otros autores como Martínez *et al.* (2001) que si bien no evaluaron la aplicación de biosólidos en brócoli, reportaron sus efectos positivos en un cultivo muy afín como la coliflor (*Brassicaoleracea* var. *botrytis*), indicando una mejora y aumento en el número de pellas comerciales ante la aplicación de biosólidos líquidos y deshidratados.

También se confirman las respuestas encontradas en el INTA-EEA del Alto Valle de Rio Negro (2014) donde llegaron a la conclusión que los rendimientos comerciales y totales en los tratamientos con cubiertas plásticas fueron significativamente superiores al tratamiento de suelo sin cobertura.

Respecto al tratamiento testigo los resultados obtenidos en rendimiento comercial de pellas frescas (kg ha⁻¹) fueron aceptables para un cultivo de ciclo corto-intermedio.

En la Figura 11 se muestran las pellas frescas obtenidas en cada tratamiento. De izquierda a derecha: Mulching plástico, Testigo y Biosólidos 150 t ha⁻¹. En la Figura 11 se muestra gráficamente el rendimiento comercial (kg ha⁻¹) de pellas frescas.



Figura 11: Pellas frescas obtenidas en cada tratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

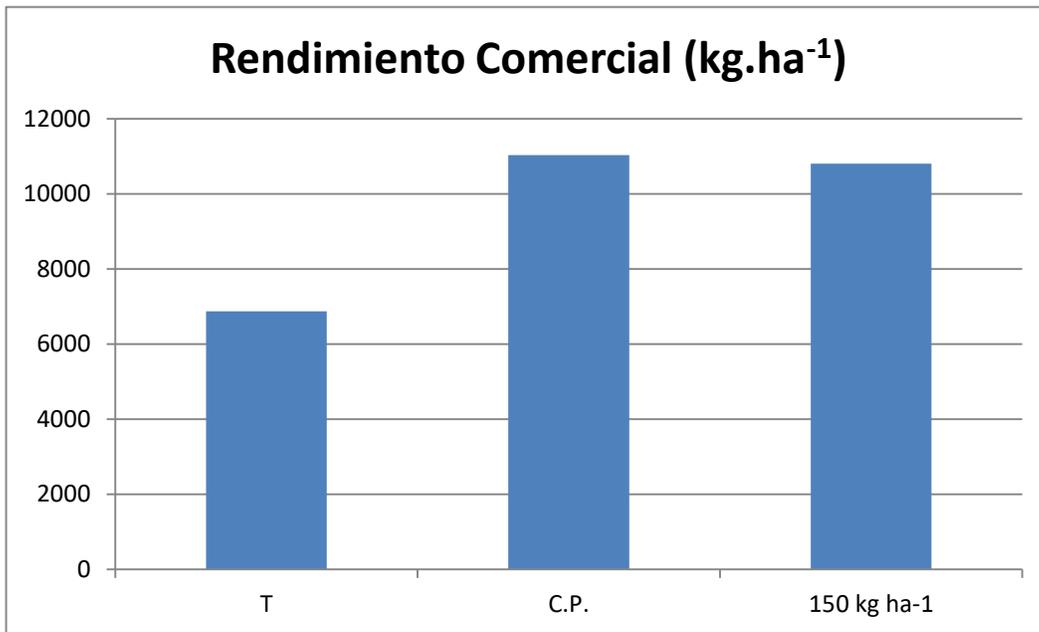


Figura 12: Rendimiento comercial (kg ha⁻¹) de pellas frescas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba

Análisis microbiológicos

Al momento de la cosecha del cultivo se realizó en el laboratorio de Análisis Microbiológico de Alimentos de la U.N.R.C., los análisis bacteriológicos para determinar la presencia de agentes patógenos en las pellas.

Se evaluaron los tratamientos ensayados y se comprobó que en todos los tratamientos se registró ausencia de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*, demostrando la seguridad de esta tecnología de cultivo.

CONCLUSIONES

- La reutilización de efluentes urbanos y biosólidos permite llevar adelante una producción enmarcada en un sistema sustentable, ya que los efluentes y sus derivados no se vierten a superficies libres de agua ocasionando contaminación ambiental. Se le otorga al recurso un criterio cíclico, y no que se trate el mismo y pase directamente a una vía de drenaje, se lo reincorpora al ciclo productivo.
- El uso de efluentes urbanos tratados aplicados en riego por goteo y de biosólidos, constituyen un producto de suma importancia, primordialmente para el riego de cultivos, (principal destino del agua recuperada), que se benefician con el aporte de agua. También es muy valioso el suministro de macronutrientes (N, P, K), micronutrientes y materia orgánica, que mediante el uso de abonos orgánicos como los biosólidos y los efluentes urbanos, son incorporados al suelo.
- El uso de efluentes tratados y de biosólidos, demostró ser una tecnología segura de aplicar, sin afectar la calidad sanitaria para el consumo humano, logrando pellas libres *Salmonella sp* y un límite de carga admitida de *Escherichia Coli*.
- El uso de mulching plástico aumento los rendimientos del cultivo, aumentando la temperatura de suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- ADESUR. 1999. “Asociación interinstitucional para El sur de Córdoba. Plan director”. Secretaría técnica de Adesur. Universidad Nacional de Río Cuarto. 99 Pág. Córdoba. Argentina.
- APREA, A. 2008. Cultivo de crucíferas: Brócoli y coliflor. Curso de Horticultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Boletín Hortícola. Año 13, Numero 39. 29-32 pp.
- 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): pág. 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. 2005. 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.
- BONANNO AR Y LAMONT JR, 1987. Effect of polyethylene mulches, irrigation method and row covers on soil and air temperature and yield of muskmelon. HortScience, 112: 735-738
- 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.
- BREECHER Y GOLDSTEIN, 2010. Uso de biosólidos en producción de hortalizas.
- BRICCI, E; DEGIOANNI, A. 2006. Sistema Suelo. Su origen y propiedades fundamentales, Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto.
- BRYAN, H.H. y C.J. LANCE. 1991. Compost trials on vegetables and tropical crops. BioCycle.
- CÁNOVAS FERNÁNDEZ. 1993. Manejo de malezas para países en desarrollo. Segunda edición, Editorial Acribia, Bogotá, Colombia.
- CANTAMUTTO, M., M. AYASTUY, I. KROEGER, V. ELISEI & P. MARINANGEL. 2001. Efecto del sistema de iniciación y del acolchado del suelo sobre la producción de melón en el sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Facultad Agronomía., La Plata.
- CANTERO, G., A., E.M. BRICCHI, V.H. BECERRA, J.M. CISNEROS y H.A. GIL 1986. Zonificación y descripción de las tierras del Departamento Río Cuarto (Córdoba). UNRC, FAV. Mím. 80 p

- 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 Brócoli Cultivado en Vertisoles Ricos en Potasio de la Parte Central de México. Informaciones Agronómicas Volumen 4, Numero 2.
- CASTILLO, M. 1998. Efecto de diversos tipos de acolchados plásticos sobre la temperatura del suelo y su influencia sobre el desarrollo de malezas, precocidad y rendimiento de un cultivo de brócoli. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Fac. Ciencias Agronómicas.
- 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: www.isahispana.com/pubs/mulching_spanish.pdf.
- COOK HF, VALDES SB Y LEE HC, 2006. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under Zea mays L. Soil Till.
- CRESPI, R.; A. RIVETTI; H. PAGLIARICCI; A, OHANIAN; T. PEREYRA y M. DÍAZ.2001. Comportamiento hídrico y eficiencia del uso del agua en una pastura consociada. Ingeniería del Agua. Vol. 8. Nº 4. España.
- 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. XX congreso Nacional del Agua. III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur. Mendoza. P. 76.
- CRESPI, 2007. Efluentes urbanos tratados. Aceptado para su publicación en conagua 2007, Tucuman.
- CRESPI, R, M. PUGLIESE, L. GROSSO, E. GROPELLI, C. MIGANI, D. RAMOS, F. SALUSSO y A. CHANADAY. 2010. “Evaluación de la potencialidad de la producción de biogás y uso de biosólidos”. Trabajo técnico. 17º Cong. Arg. de San. y Medio Amb. AIDIS Argentina. Buenos Aires. 12 Pág.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA 2000. “Folletos informativos de biosólidos de la Epa”. Septiembre 2000.

- FLOTATS, X; CAMPOS, E y A. BONMATI.1997. Aprovechamiento energético de residuos ganaderos. Curso de Ingeniería Ambiental. Aprovechamiento energético de residuos orgánicos (3°. 1997; Lleida). Memorias, 1-21.
- FRANCESCANGELI, N. 2007.El cultivo de brócoli propuesta potencialmente rentable. En: <http://www.infoguiasanpedro.com/informacion/produccion/agropecuaria/el-cultivo-de-brocoli-se-perfila-como-una-propuesta-potencialmente-rentable.html>. Consultado 17-05-13
- 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.
- GALLARDO LARA, F. Y R. NOGALES. 1987. Effect of the application of town refuse compost on the soil plant system: A review. Biol. Wastes.
- GONZALO CR, 2009. Manejo de suelos en condiciones de escasez de agua. En: [http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-SA-C7/\\$File/SA-C7.pdf](http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-SA-C7/$File/SA-C7.pdf)
- GROSSO, L.; RICOTTO A.; RAMOS D.; THUAR A.; GIACHERO M°. L; GIACHERO M°. S.; CRESPI R.2004. Efectos del riego con efluentes urbanos tratados e inoculados con *Azospirillumbrasilense* en ajo (*Allium sativum*L). Horticultura Argentina. Revista de la Asociación Argentina de Horticultura. Vol. 23 – N° 54. 197. Resúmenes XXVII. Congreso Argentino de Horticultura.
- IBARRA L, FLORES J, QUEZADA M y ZERDEÑO A, 2004. Acolchado, riego y micro túneles en tomate, Chile Anaheim y Chile pimiento. Horticultura., 10(2): 179-187.
- ICMSF. 1983. Bacterias coliformes. Pp: 128-146 en: Microorganismos de los alimentos I. Técnicas de análisis microbiológicos. Ed: Acribia. Zaragoza. España.
- IGLESIAS, N.B. Protección para cultivos hortícolas adaptados a la Patagonia, 2014. En: <http://inta.gob.ar/documentos/protecciones-para-cultivos-hortícolas-adaptadas-a-la->

[patagonia/at_multi_download/file/INTA_Proteccion-Cultivos-Horticola-en-Patagonia.pdf](#). Consultado: 20/07/2015.

- INFOAGRO. 2010. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/brocoli.htm>
- KIELY, G. 1999. Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Madrid: Mc Graw-hill, 870-872.
- LAMONT WJ, 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. HortTech., 3: 35-39.
- LEAL GR, 2007. Influence of Reflective Mulch on Pinot noir Grape and Wine Quality. Master of Applied Science, Lincoln University. New Zealand..
- LESSER, P. 1997. Repollo, Brócoli y Coliflor. Horticultura Argentina.
- 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 oleraceavar. Botrytis*) regarding yield, essential and heavy metal concentration in heads and soil. En: <http://www.iwaponline.com/wio/2002/06/wio200206009.htm> Consultado: 25/07/2013.
- MARTINEZ DE LA CERDA, Siembra y riego de hortalizas, 2008.
- MAYNARD A. 1994. Sustained vegetable productions for three years using composted animal manures. Compost science and utilizations, 3(2): 47-54, citado en Stofella P. y B. Khan. 2004. Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola. Ed. Mundi – Prensa.
- METCALF y EDDY, INC. (2003). Wastewater engineering, treatment, disposal and reuse. Fourth Edition, Ed. McGraw-Hill.
- MONTERO R. 1999. Respuesta de la coliflor (*Brassiccaoleraceavar. botrytis*) a cuatro fuentes de fertilización orgánica. Universidad Central del Ecuador, Quito. Fac. de Ciencias Agrícolas. Machachi-Pichincha. 122 pp.
- MORENO, MENDOZA, F. 2005. Acolchado plástico de color en sandía con riego por goteo.
- MORENO, F. 2009. Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas.
- MOSCOSO, J. 1999. Casos prácticos de uso de aguas residuales.

- 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.
- MUNGUÍA J, ZERMEÑO A, QUEZADA R, DE LA ROSA ML y TORRES A, 2004. Relación entre los componentes del balance de energía y la Resistencia estomálica en el cultivo de melón bajo acolchado plástico. Revista Internacional de Botánica Experimental., 73: 181-19.
- NEBRA (North East Biosolids and Residuals Association), 2007. A national biosolids regulation, quality, end use and disposal survey – final report. North eastbiosolids and residuals association. En: [http:// www.nebiosolids.org/uploads/pdf/NtlBiosolidsReport- 20July07.pdf](http://www.nebiosolids.org/uploads/pdf/NtlBiosolidsReport-20July07.pdf) Consultado: 25/07/2013.
- 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.
- OMS, Organización Mundial de la Salud. 1989. Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura. Informe Técnico 778. OMS, Ginebra.
- OZORES-HAMPTON, M., H.H. BRYAN Y R. MC MILLAN. 1994. Suppressing disease in field crops. BioCycle.
- OZORES-HAMPTON, M.P. Y T.A. OBREZA. 1999. Composted waste use on Florida vegetable crops: A review. Proceedings of the International CompostingSymposium.
- OZORES-HAMPTON, M., P.A. STANSLY, T.A. OBREZA. 2000. Biosolids and soil solarization effects on bell pepper (*Capsicum annuum*) production and soil fertility in a sustainable production system.
- OZORES-HAMPTON, MENDEZ, J. 2010. Uso de biosolidos en producción de hortalizas.
- PAVLOSTATHIS, S. G y E. GIRALDO-GOMEZ.1991. Kinetics of anaerobiodigestión. 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).

- RAMAKRISHNA A, TAM HM, WANI SP, Long TD, 2006. Effects of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. *Field Crops Res.*, 95: 115-125.
- ROBINSON, D. 1988. Mulches and herbicides in ornamental plantings. *Hortscience* 23:547-552.
- RINCON SÁNCHEZ, C. PELLICER BOTÍA, J. SÁEZ SIRONI, A. ABADÍA SÁNCHEZ, A. PÉREZ CRESPO, C. MARÍN NARTÍNEZ. 1998. Crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes de la coliflor. Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (CIDA). La Alberca, Murcia. Estación Sericícola. C/ Mayor, s/n. 30150 La Alberca, Murcia.
- RICHARD D. 1983. The grape root system. *Hort. Re - views.*, 5: 127-168.
- ROJAS R. 2002. Conferencia Sistemas de Tratamiento de Agua Residuales. Curso Internacional “GESTION INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES” 25 AL 27 DE Septiembre de 2002
- 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 LORGIO ALEXI. 2008. “Efecto de diferentes especies vegetales en acolchado (mulching) sobre suelos arcillosos en la estación agroecológica U.T.P.L”. escuela de ingeniería.
- SHELDON, M. and MARGEN, D. 1992. *Wellness Encyclopedia of Food and Nutrition*. The University of California at Berkeley. Rebus, New York.
- SKROCH, N. POWELL, M. BILDERBACK.T. y HENRY, P. 1992. Mulches: Durability, Aesthetic value, weed control, and temperature. *J. Environ.Hort.* 10(1): 43-45.
- STINSON, J.; BRINEN, G.; CONELL, D. y BLACK, R. 1990. Evaluation of Landscape mulches. *Hortscience* 103:372-377.
- TURNEY, J. y MENGE, J. 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. (CircularNo. CAS-94/2).
- UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN DE CHILE. 1993. “cultivo de brocoli”. En: www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/brocoli.htm.
- UNIVERSIDAD DE CHILE. Marzo 2005. “críterios de calidad de aguas o efluentes tratados para uso enriego”.

- URBANO TERRÓN. 1992. Dinámica y complejidad de la competencia de malezas. Tercera edición, Editorial Labor, Barcelona España.
- USEPA.1994. U. S. Environmental Protection Agency. 1994. A plain English guide to the EPA part 503 biosolids rule.
- USEPA.1999. U. S. Environmental Protection Agency. Biosolids generation, use, and disposal in the United States.
- 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.
- WOLSTENHOLME, MOOREGORDON Y ANSERMINO, 1987. Theoretical and applied aspects of avocado yield as affected by energy budgets and carbon partitioning. California Avocado Growers' Association Yearbook 10: 58-61.
- YANG YM, LIU XJ, LI WQ Y LI CZ, 2006. Effect of different mulch materials on winter wheat production in desalinized soil in Heilonggang region of North China. J. Zhejiang Univ-Sc., 7(11): 858-867.
- ZHANG QT, INOUE M, INOSAKO K, IRSHAD M, KONDO K, QUI GY Y WANG SH, 2008. Ameliorative effect of mulching on water use efficiency of swiss chard salt accumulation under saline irrigation. J. Food. Agric. Environ., 3-4: 480-485.

