



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

“Trabajo Final
para optar al grado de Ingeniero Agrónomo”

**EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS EN EL CULTIVO DE
BRÓCOLI (*Brassicca oleracea* L. var. *itálica* Plenck) REGADO POR GOTEADO CON
EFLUENTES URBANOS TRATADOS**

JORGE AGUSTIN AGOTE

D.N.I. 32680123

DIRECTOR: Ing. Agr. MSc. Grosso, Liliana Elida

CO-DIRECTOR: Ing. Agr. Salusso, Fabricio

Río Cuarto-Córdoba

Año 2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: **EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI** (*Brassicca oleracea var. itálica*) **REGADO POR GOTEJO CON EFLUENTES URBANOS TRATADOS**

Autor: Agote, Jorge Agustín
DNI: 32680123

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

Co-Director: Ing. Agr. Salusso, Fabricio

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

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

Ing. Agr. Dr. Crespi, Raúl _____

Ing. Agr. Ramos, Diego _____

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
Efluentes urbanos tratados.....	2
Biosólidos.....	3
ANTECEDENTES.....	4
HIPOTESIS Y OBJETIVOS.....	6
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
Sitio experimental.....	7
Caracterización del ambiente.....	7
Tratamiento del efluente urbano y biosólidos.....	7
Sistema de riego por goteo.....	10
Análisis físico-químico del suelo ensayado.....	11
Características del ensayo.....	12
Análisis microbiológico.....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
Diámetro de pella y diámetro de pedúnculo.....	15
Peso individual de las pellas.....	16
Rendimiento comercial.....	17

Análisis microbiológicos..... 19

CONCLUSIÓN..... 20

BIBLIOGRAFÍA..... 21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Determinaciones analíticas del efluente urbano tratado	9
Tabla 2. Características agroecológicas de los biosólidos año 2012.....	10
Tabla 3. Características químicas del perfil del suelo.....	12
Tabla 4. Diámetro de pella y diámetro de pedúnculo de la inflorescencia para cada tratamiento.....	16
Tabla 5. Peso de pellas para cada tratamiento.....	16
Tabla 6. Valores médios obtenidos em rendimento comercial para cada tratamiento.....	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cámara concentradora de los efluentes urbanos.....	8
Figura 2. Sedimentador de lodos y lagunas facultativas.....	8
Figura 3. Líneas porta goteros y línea principal de riego.....	10
Figura 4. Precipitaciones 2012 y valores promedios históricos (1981-2010) para el periodo Agosto-Noviembre.....	11
Figura 5. Plantación de cultivo de brócoli.....	12
Figura 6. Descarga, acopio y aplicación de biosólidos.....	13
Figura 7. Cosecha de las pellas de brócoli para mercado en fresco.....	14
Figura 8. Medición diámetro de pella y diámetro de pedúnculo de la inflorescencia.....	15
Figura 9. Pesaje de pellas.....	16
Figura 10. Pellas frescas obtenidas en cada tratamiento.....	18
Figura 11. Rendimiento comercial de pellas frescas.....	18

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 7 de agosto de 2012, Brócoli a una densidad de 4,07 plantas.m² (0,70 m. entre surcos y 0,35 m entre plantas) en un diseño experimental de bloques completos al azar, con 3 (tres) tratamientos y 4 (cuatro) repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes: dos dosis de biosólidos (aplicados con 91% de humedad), Biosólido 100 t ha⁻¹ (B100), Biosólido 150 t ha⁻¹ (B150) y un testigo sin biosólidos. 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. Las dosis de biosólidos se aplicaron 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: 6.9 t ha⁻¹; B100: 8.9 t ha⁻¹ y B150: 10.8 t ha⁻¹. Los análisis bacteriológicos de los pellas confirmaron ausencia de *Escherichia coli* 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: two doses of biosolids (applied with 91% humidity), Biosolid 100 t ha⁻¹ (B100), Biosolid 150 t ha⁻¹ (B150) and an untreated biosolids. 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 biosolids to be manually applied to the 40 day cycle, at which the culture is in the linear phase of growth. The yields obtained in each treatment were: Control: 6.9 t ha⁻¹, B100: 8.9 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

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 (U. Valladolid, 2012). 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/habitante/año; 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 por habitante por año 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).

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, citado en Crespi *et al.*, 2005). Además su implementación es considerada segura y aceptable produciendo importantes rendimientos en cantidad y calidad (Asano *et al.*, 1992, citado en Crespi *et al.*, 2005).

La aplicación de efluentes urbanos tratados como recursos de riego agrícola, supone una etapa más en el tratamiento de las aguas ya que el suelo es un elemento de alta eficacia depuradora. A medida que el agua se infiltra en el terreno, éste actúa a modo de filtro y en superficie, por la actividad bacteriana, se produce la degradación biológica de la materia orgánica (U. Chile, 2005).

La reutilización de efluentes tratados en el riego agrícola garantiza una fuente constante y segura de líquido en años secos, aporte continuo de nutrientes y micro elementos para las plantas, ahorro en gastos de fertilización, y sobre todo coadyuvar en la eliminación de aguas residuales y la sustentabilidad del sistema (Crespi *et al.*, 2001; Moscoso y Merzthal, 2001). Muchas veces las masas receptoras de estos desechos líquidos son incapaces de absorber y neutralizar la carga contaminante. Por este motivo, las aguas residuales antes de su descarga a los cursos y cuerpos receptores, deben recibir algún tipo de tratamiento que modifique sus condiciones iniciales (Rojas, 2002).

La fuente de nutrientes que puede resultar de un efluente urbano tratado, en tanques de estabilización y a una intensidad de riego de $20.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, se asocian a tasas de aplicación de $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Nitrógeno y $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Fósforo, lo que puede reducir o eliminar la necesidad de aplicar fertilizantes. Además, la materia orgánica que se agrega actúa como acondicionador del suelo (OMS, 1989).

La calidad bacteriológica del agua residual se establece a partir del número de coliformes fecales y de la presencia de bacterias patógenas como *Salmonella*, *Shigella* 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 muestras puede tener más de 23-25 coliformes fecales/100mL (Bouwer e Idelovitch, 1997).

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, 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

Crespi (2005) demostró que en la zona central 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 (*Brassica oleracea* 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 (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), los resultados obtenidos indicaron una mejora y aumento en el número de coliflores comerciales cuando se aplicó biosólidos líquidos y deshidratados a los 8 días después del trasplante.

Utria (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 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.

Existen diversos estudios sobre la utilización de compuestos orgánicos en la producción de crucíferas, pero el desarrollo en la utilización de biosólidos y efluentes urbanos tratados como fuente de agua para riego y nutrientes son escasos y en muchos casos erráticos, no existiendo suficiente información al respecto. El propósito de este trabajo es evaluar la respuesta en la producción del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) a la aplicación de biosólidos y regado con efluentes urbanos tratados.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

HIPOTESIS

El efecto fertilizante de los biosólidos y el riego por goteo con efluentes urbanos tratados que aporta agua y nutrientes, incidirá positivamente en la productividad y rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *itálica* Plenck).

OBJETIVO GENERAL

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

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un sistema de riego por goteo semiautomatizado.
- Determinar características físico - químicas del suelo al inicio del ciclo del cultivo.
- Evaluar diámetro de pella (cm), peso individual de pellas (g), diámetro de pedúnculo de la inflorescencia (cm) para cada uno de los tratamientos.
- Determinar el rendimiento total (kg ha^{-1}) para cada uno de los tratamientos.
- Determinar la presencia o ausencia de microorganismos dañinos para la salud, tales como *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*

MATERIALES Y MÉTODOS

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 el complejo habitacional, en el Departamento de Río Cuarto, Provincia de Córdoba, Argentina.

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).

Tratamiento del Efluente Urbano y Biosólidos

El efluente urbano tratado, 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 (Figura 1), 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 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.

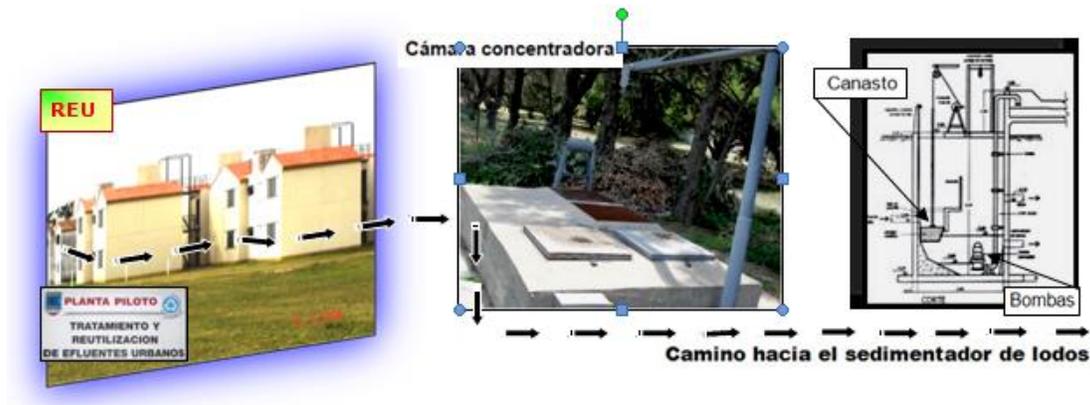


Figura 1. Cámara concentradora de los efluentes urbanos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba

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.

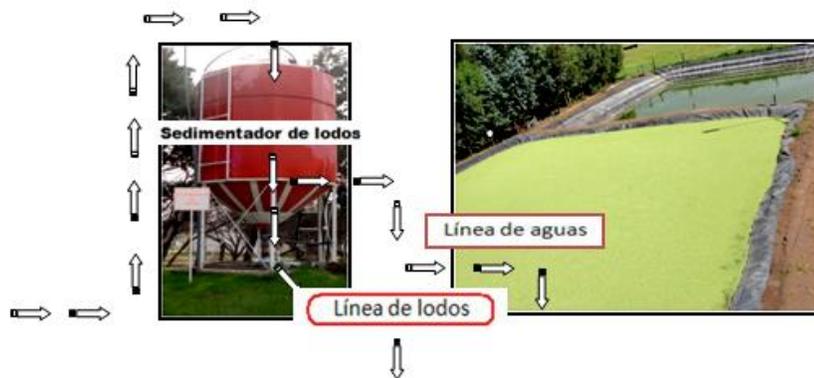


Figura 2. Sedimentador de lodos y lagunas facultativas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba

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 (Crespi *et 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')	ml/L	0,80	Litio	mg/L	No detectable
Sólidos totales	ml/L	842,00	Boro	mg/L	0,14
Sólidos totales fijos	ml/L	298,00	Cromo	mg/L	0,04
Sólidos totales volátiles	ml/L	544,00	Magnesio	mg/L	11,6
Sólidos disueltos Totales	ml/L	590,00	Manganeso	mg/L	0,08
Sólidos disueltos Fijos	ml/L	380,00	Níquel	mg/L	No detectable
Sólidos disueltos Volátiles	ml/L	210,00	Potasio	mg/L	16
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	252,00	Plomo	mg/L	No detectable
pH		7,82	Selenio	mg/L	No detectable
Conductividad eléctrica	dS/m	1,13	Sodio	mg/L	158
Turbiedad	FAU	263,50	Aluminio	mg/L	0,99
Color Verdadero	PtCo APHA	1150,00	Arsénico	mg/L	0,017
Nitrógeno total	mg/L	108,50	Cadmio	mg/L	0,00014
Cloruros	mg/L	138,00	Calcio	mg/L	50
Sulfatos	mg/L	14,50	Zinc	mg/L	0,11
Alcalinidad total	mg/L	350,00	Cobalto	mg/L	No detectable
Alcalinidad carbonatos	mg/L	<1	Cobre	mg/L	No detectable
Fósforo total	mg/L	8,10	Demanda Quím. O ₂	mg/L	265
Hierro	mg/L	1,30	Demanda Biol. O ₂	mg/L	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 INA (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 10^{12} 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

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 $0,81 \text{ L h}^{-1}$ (Figura 3).



Figura 3: Líneas porta goteros y línea principal de riego. 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.

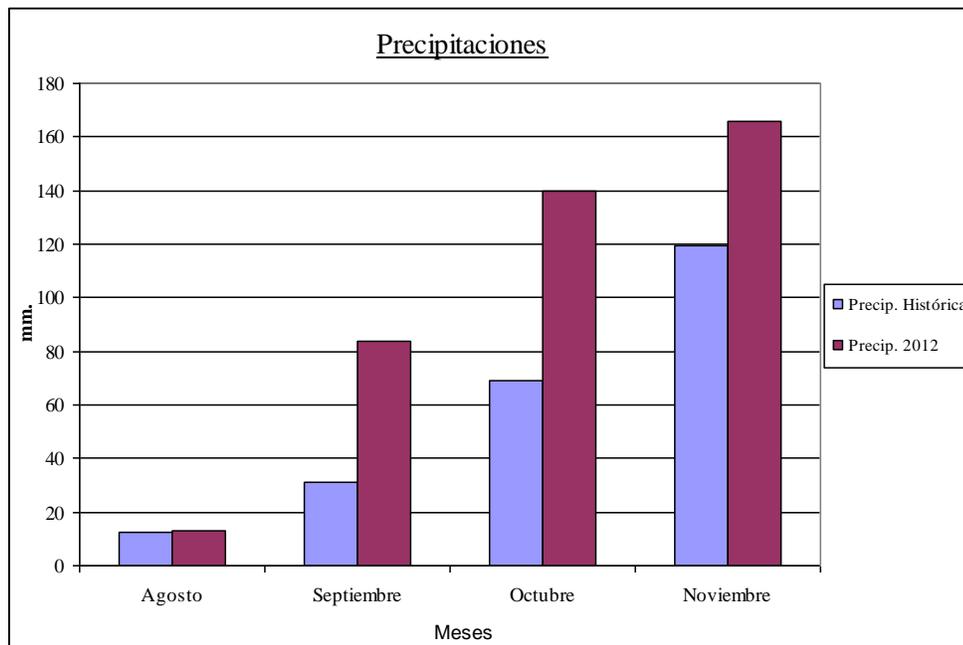


Figura 4: Precipitaciones de 2012 y valores promedios históricos (1981-2010) para el período Agosto - Noviembre.

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

Análisis físico-químico del suelo ensayado

Para determinar las condiciones iniciales físico-químicas del suelo, se tomaron muestras compuestas previas a la plantación. El N-Nitratos (N-NO_3) se determinó por reducción por cadmio, el pH por Potenciometría 1/ 2,5; la conductividad eléctrica (CE) en suspensión 1/1. El contenido de materia orgánica (MO) se determinó por el método de Walkley – Black; Fósforo disponible (Pd) por el método de Kurtz y Bray I; Bases-CIC con acetato de amonio; y se efectuaron comparaciones mediante análisis de laboratorio. En la Tabla 3 se muestran los valores obtenidos en el análisis.

Tabla 3: Características químicas del perfil del suelo. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Profundidad	N-NO ₃ (ppm)	NO ₃ (ppm)	H° (%)	PH	C.E. (dS/m)	M.O. (%)	Pd (ppm)	Na+ (cmol/kg)	K+ (cmol/kg)	CIC (cmol/kg)
(0-5 cm.)	10,2	45,19	16,32	6,96	0,18	2,05	54	0,5	2,17	10,6
(10-15cm.)	6,6	29,24	18,78	6,86	0,15	1,8	48,6	0,8	2,12	11,5
(15-20 cm.)	10,6	46,96	18,29	6,7	0,12	1,55	33,5	0,47	1,74	11,3

Referencias: N-NO₃-: nitrógeno de nitratos; NO₃-: nitratos disponibles en el suelo; H°: humedad del suelo; pH: reacción del suelo; CE: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica.; Pd: fósforo disponible; Na+: sodio intercambiable; K+: potasio intercambiable y CIC: capacidad de intercambio catiónico.

Características del ensayo

El cultivo se inicio 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 4,07 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: Colocación cintas de riego. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

La superficie de la parcela fue de 101.92 m², (11.2 m de largo x 9,1 m de ancho), ésta se dividió en subparcelas que correspondieron a cada tratamiento con una superficie de 7.84 m² cada una, (2.8 m de ancho x 2.8 m de largo). La unidad experimental fue de 2.94 m².

Los tratamientos fueron los siguientes: dos dosis de biosólidos (aplicados con 91% de humedad), **1)** Biosólido 100 t ha⁻¹ (B100), **2)** Biosólido 150 t ha⁻¹ (B150) y **3)** Un testigo sin biosólidos. La aplicación de las diferentes dosis de biosólidos se realizó en forma manual, incorporándolo a una

profundidad de 5 cm entre los surcos. Las 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: Descarga, acopio y aplicación de biosólidos. UNRC. Río cuarto. Córdoba.

Infoagro (2010) indica que la cosecha es la operación cultural más delicada y exigente. El momento idóneo para iniciar la recolección es aquel en el que la inflorescencia ha adquirido tamaño máximo sin haberse abierto. Si se cosecha demasiado pronto, la pella pesa poco y la producción baja; si se cosecha demasiado tarde, las yemas florales se abren, pierden color, compacidad, aumenta la fibrosidad del pedicelo y dificulta el manejo poscosecha.

En los híbridos y cultivares de maduración heterogénea la recolección se cumple en varias pasadas. Si el destino del brócoli es el procesado, se corta según las especificaciones del congelado. El brócoli para consumo fresco es cosechado con una longitud total de pella más tallo de 15-20 cm, y es atado en paquetes de distintos tamaños según requerimientos de los distintos mercados.

La cosecha del cultivo se realizó entre el 06 y 20/11/2012, entre los 92 y 106 días de ciclo, a medida que las pellas alcanzaban 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 6 se muestra la cosecha del cultivo.



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

Análisis microbiológicos

Para evaluar la calidad sanitaria del cultivo, 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 *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*

Para la determinación de *Escherichia coli* 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

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, con una tendencia a lograr mejoras en la productividad de las variables en estudio a medida que aumentó la dosis de biosólidos aplicada. En la Figura 7 se observa la medición de éstas variables.



Figura 8: Medición diámetro de pella y diámetro del pedúnculo de la inflorescencia. UNRC. Río cuarto. Córdoba.

En relación a la variable diámetro de pella, los resultados muestran una diferencia significativa en favor de la aplicación de biosólidos respecto al tratamiento testigo, donde los valores medios fueron de 10,9 cm para el testigo, y si bien no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos de biosólidos, se observa una tendencia a aumentar el diámetro a la mayor dosis de biosólidos aplicada. Los resultados obtenidos fueron de 12.87 cm y 13.63 cm para los tratamientos de biosólidos de 100 t ha⁻¹ y 150 t ha⁻¹, respectivamente.

El diámetro del pedúnculo presentó un comportamiento similar a la variable anterior, el valor medio para el tratamiento testigo fue de 2.63 cm, mientras que las dosis de biosólidos arrojaron valores de 2.91 cm y 2.95 cm para 100 t ha⁻¹ y 150 t ha⁻¹, respectivamente. A medida que aumenta la dosis de biosólidos también se observó una mejora en el diámetro del pedúnculo de las pellas. 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: Diámetro de pella y diámetro de pedúnculo de la inflorescencia para cada tratamiento.

Tratamiento	Diámetro de pella(cm)	Diámetro de pedúnculo(cm)
T	10.9 b	2.63 b
B100	12.87 a	2.91 a
B150	13.63 a	2.95 a

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

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 100 t ha⁻¹ con un valor de 218.03 g, y finalmente con el mayor peso, el tratamiento de biosólidos de 150 t ha⁻¹ con un valor de 263.71 g. Las diferencias entre los tratamientos fueron estadísticamente significativas, evidenciándose una mejora en el peso de las pellas cuando al aumentar la dosis de biosólidos aplicada. En la Figura 8 se observa el pesaje de las pellas. En la Tabla 5 se muestran los valores medios obtenidos para cada tratamiento y su diferencia según el test LSD de Fisher ($p < 0,05$).



Figura 9: Pesaje de pellas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Tabla 5: Peso de pellas para cada tratamiento. Planta Piloto UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Tratamiento	Peso de Pella (g.)
T	168.38 c
B100	218.03 b
B150	263.71 a

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

El efecto fertilizante de los biosólidos permitió aumentar la productividad del cultivo de brócoli, mejorando el diámetro de pellas, diámetro de pedúnculo y peso individual de las pellas.

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 al agregado de biosólidos, esto también se observó en el rendimiento comercial en peso fresco del cultivo. Al analizar el resultado obtenido en el tratamiento testigo el rendimiento comercial fue de 6872.45 kg ha⁻¹; siendo en los tratamientos de biosólidos de 8899.13 kg ha⁻¹ para 100 t ha⁻¹ y 10763.85 kg ha⁻¹ para 150 t ha⁻¹, con diferencias estadísticas significativas entre ellos.

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 (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), indicando una mejora y aumento en el número de pellas comerciales ante la aplicación de biosólidos líquidos y deshidratados.

Respecto al tratamiento testigo, el cual se regó con efluentes urbanos tratados y considerando que no fue posible contrastar el resultado con un tratamiento regado con agua limpia, lo cual hubiera sido interesante a los fines de un análisis más significativo de la respuesta del cultivo ante el riego con efluentes. Sin embargo, los resultados obtenidos para éste tratamiento en rendimiento comercial de pellas frescas (kg ha⁻¹) fueron aceptables para un cultivo de ciclo corto-intermedio. En la Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 6: Valores medios obtenidos en rendimiento comercial para cada tratamiento.

Tratamiento	Rendimiento comercial (T ha⁻¹)
T	6.9 c
B100	8.9 b
B150	10.8 a

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

En la Figura 9 se muestran las pellas frescas obtenidas en cada tratamiento. De izquierda a derecha: Testigo, Biosólidos 100 t ha⁻¹ y Biosólidos 150 t ha⁻¹. En la Figura 10 se muestra gráficamente el rendimiento comercial (kg ha⁻¹) de pellas frescas.



Figura 10: Pellas frescas obtenidas en cada tratamiento. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

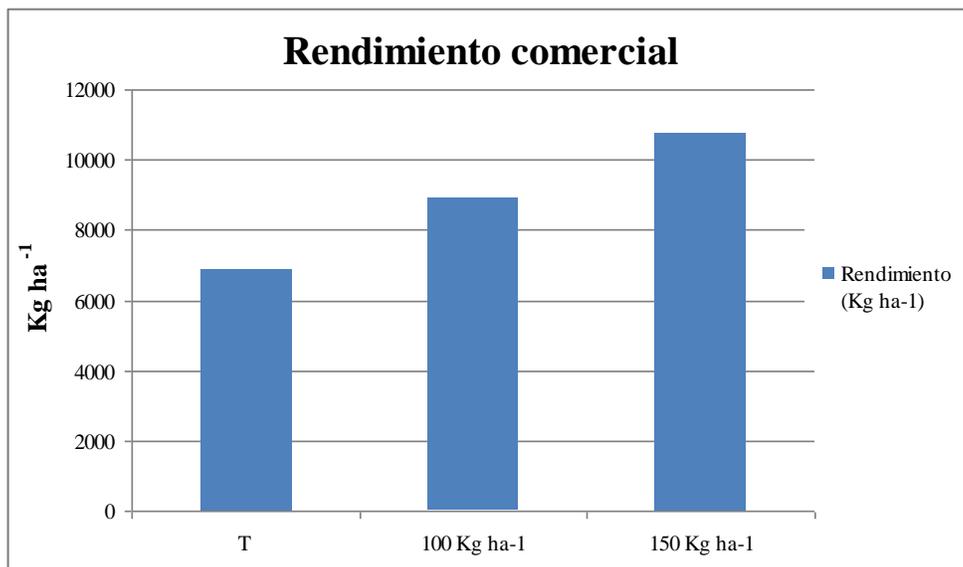


Figura 11: Rendimiento comercial (kg ha⁻¹) de pellas frescas. UNRC. Río cuarto. Córdoba.

El rendimiento comercial en kg ha⁻¹ de pellas frescas fue mayor a medida que se aumentó la dosis de biosólidos aportados.

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 *Escherischia 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 de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*

BIBLIOGRAFÍA

- ADESUR. 1999. “Asociación interinstitucional para El sur de Córdoba. Plan director”. Secretaria 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.
- BOUWER, H. y E. IDELOVITCH. 1997. Quality requirements for irrigation with sewage water. J. Irrig. & Drainage Eng. 113: 516-535.
- 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. Mim. 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 Brócolis Cultivado en Vertisoles Ricos en Potasio de la Parte Central de México. Informaciones Agronómicas Volumen 4, Numero 2.
- 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, 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. 17° 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. Aprofitament enegétic de residus orgànics (3°. 1997; Lleida). Memorias, 1-21.
- FRANCESCANGELI, N. *et al* 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.
- 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 *Azospirillum brasilense* 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.
- INFOAGRO. 2010. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/broculi.htm>
- KIELY, G. 1999. Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Madrid: Mc Graw-hill, 870-872.
- 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 oleracea* var. *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.

- 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 (*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. 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.
- 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, MENDEZ, J. 2010. Uso de biosolidos en producción de hortalizas.
- PAVLOSTATHIS, S. G y 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).
- 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.

- 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.
- SHELDON, M. and MARGEN, D. 1992. Wellness Encyclopedia of Food and Nutrition. The University of California at Berkeley. Rebus, New York.
- UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN DE CHILE. 1993. “cultivo de brocoli”. En: www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/brocoli.htm.
- UNIVERSIDAD DE CHILE. Marzo 2005. “criterios de calidad de aguas o efluentes tratados para uso en riego”.
- UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. 2012. “El cultivo de La col”. En: https://www5.uva.es/guia_docente/uploads/2012/446/42109/1/Documento3.pdf.
- 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. Vol. 29. Nº 4. Cuba. Pp 5 - 11.
- VÉLEZ ZULUAGA, J. 2007. Los biosólidos. ¿Una solución o un problema? Producción más limpia. Vol. 2 Nº 2. 15 Pág. Colombia.

