



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

Proyecto de Trabajo Final presentado
para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

Crecimiento estacional de álamos regados con aguas residuales urbanas

Schmidt, Alejandro
DNI N° 31.840.533

Director:

Ing. Agr. Ms Sc José Omar Plevich

Río Cuarto - Córdoba
Mayo 2012

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: **CRECIMIENTO ESTACIONAL DE ÁLAMOS REGADOS
CON AGUAS RESIDUALES URBANAS**

Autor: **Alejandro Schmidt**

D.N.I: **31.840.533**

Director: **José Omar, Plevich**

Aprobado y corregido de acuerdo a las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

(Nombres)

Fecha de Presentación: ____ / _____ / _____

Aprobado por Secretaria Académica: ____ / ____ / ____

Secretario Académico

ÍNDICE GENERAL

	Página
Carátula	I
Certificado de aprobación.....	II
Índice general.....	III
Índice de Cuadros.....	IV
Índice de Gráficos.....	V
Resumen.....	VI
Summary.....	VII
Introducción y Antecedentes.....	1
Hipótesis.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
Materiales y Métodos.....	4
Resultados y Discusión.....	10
Conclusiones.....	14
Bibliografía	15

INDICE DE CUADROS

	Pagina
Cuadro 1: Características físicas del perfil del suelo.....	5
Cuadro 2: Análisis del agua limpia para riego.....	5
Cuadro 3: Determinaciones químicas analíticas del agua residual.....	6
Cuadro 4: Crecimiento estacional de los álamos con riego de agua residual domiciliaria y agua de perforación.	10
Cuadro 5: Biomasa de hojas aportada por la copa de los álamos sobre el callejón del sistema silvopastoril utilizado como filtro verde	12
Cuadro 6: Distribución de biomasa de hojas en el callejón del sistema Silvopastoril	13

INDICE DE GRAFICOS

	Pagina
Grafico 1: Dinámica del agua útil en suelo regados con agua de perforación y agua residual urbana.....	11
Grafico2: Temperaturas medias mensuales durante el periodo de crecimiento 2008-2009.....	12

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue estudiar el crecimiento estacional de fustes de álamos y la biomasa de hojas aportada a los callejones de un sistema silvopastoril regado con aguas residuales urbanas (filtro verde). El ensayo se llevo adelante, en un sector de la planta piloto de depuración de las aguas residuales de las residencias estudiantiles de la Universidad Nacional de Río Cuarto ($33^{\circ} 06' 50,31''$ L S y $64^{\circ} 18' 18,11''$ L O) a 427 msnm. El sistema silvopastoril posee callejones de 10 m de ancho cultivados con alfalfa (*Medicago sativa*) y delimitados por doble hileras de álamos (*Populus deltoides* cv catfish 5) plantados en la primavera del año 2003 a 3 x 3 m, con una densidad de de 512 árboles. ha⁻¹. Para la recolección y análisis de los datos volúmenes de fuste y biomasa de hojas producidos por los álamos bajo riego con agua residual urbana y agua de perforación, se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizado. Los resultados mostraron que no existe diferencia entre los dos tratamientos de riego dentro de cada estación. Las condiciones ambientales que definen las estaciones hicieron que hubiera diferencias entre ellas obteniendo un volumen medio de $10 \pm 0,2$ m³ durante la primavera y un crecimiento medio de 15 ± 4 m³ durante el verano y el otoño que no difirieron entre sí. La producción de biomasa medida sobre el callejón del sistema silvopastoril tampoco mostro diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) alcanzando un valor de 99 ± 19 Kg Ms. ha.⁻¹ y estuvo uniformemente distribuida. Los resultados encontrados en el trabajo muestran que el agua residual urbana puede ser utilizada para reemplazar el agua de perforación de alta calidad para el consumo humano, sin resentir la producción de madera y la recirculación de nutrientes de los álamos a través de sus hojas.

Palabras claves: Sistema silvoagrícola, Filtro verde, Crecimiento estacional

SUMMARY

The objective was to study the seasonal growth of poplar stems and leaf biomass contributed to the alleys of a silvopastoral system irrigated with urban wastewater (green filter). The assay was carried out in a sector of the pilot plant purification of wastewater from dormitories at the National University of Río Cuarto (33 ° 06 '50.31 "LS and 64 ° 18' 18.11" LO) to 427 msnm. The silvopastoral system has alleys of 10 m wide planted with alfalfa (*Medicago sativa*) and delimited by double rows of poplars (*Populus deltoides* cv Catfish 5) planted in the spring of 2003 to 3 x 3 m, with a density of 512 trees Ha.-1. For the collection and analysis of data volumes and bole biomass produced by poplar leaves irrigated with urban wastewater and water drilling was used completely randomized block design. The results showed no difference between the two irrigation treatments within each season. The environmental conditions that define the seasons have caused differences between them getting an average volume of 10 ± 0.2 m³ during the spring and an average growth of 15 ± 4 m³ during summer and autumn did not differ from each other. Biomass production measured on the alley silvopastoral system showed no statistically significant differences ($p \leq 0.05$) reaching a value of 99 ± 19 Kg Ms. ha.-1 and was evenly distributed. The findings of the study show that urban waste water can be used to replace the drill water quality for human consumption, without resenting the timber and the recycling of nutrients through the poplar leaves.

Keywords: silvopastoral System, Green filters, Seasonal growth

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales, son aquellas, que provienen de desechos líquidos de los hogares, los locales comerciales y las plantas industriales que se descargan en los sistemas de eliminación individuales o en los tubos de las cloacas municipales (Braatz y Kandiah, 1992). Estos autores afirman que el aumento constante de la cantidad de agua utilizada y de las aguas residuales producidas por las comunidades urbanas y las industrias de todo el mundo, plantea problemas potenciales para la salud y el medio ambiente como por ejemplo contaminación de la napa subterránea, contaminando el agua potable utilizada por la población lo que ocasiona serios trastornos a la salud debido a la gran concentración de organismo patógenos (bacteria coliformes, *E.coli*) que poseen, pudiendo transmitir enfermedades a los seres humanos. En este sentido los autores manifiestan que los países están buscando métodos seguros, inocuos para el medio ambiente y eficaces en función de los costos, para depurar y eliminar las aguas residuales. La silvicultura puede tener un papel importante en el mejoramiento de los ambientes urbano y peri urbano, ya que puede combinar dos finalidades, por un lado el aprovechamiento de las aguas residuales urbanas para el riego de bosques, plantaciones forestales, zonas verdes y árboles y por el otro un impacto positivo en el paisaje para el esparcimiento. Además apuntan que las aguas residuales tienen un impacto importante en el desarrollo de los árboles ya que poseen nutrientes minerales que la planta necesita para su crecimiento (nitrógeno, fósforo, potasio y micro nutrientes). Los experimentos han demostrado repetidamente que cuando los cultivos y árboles se riegan con aguas residuales tienen una productividad mayor que cuando se hace con agua limpia.

Estos nutrientes representan un recurso de valor considerable si se comparan con el costo equivalente de los fertilizantes. La aplicación de aguas residuales, en cantidades que aseguren un equilibrio entre el aporte de nutrientes y la absorción de la planta, favorecerá el crecimiento óptimo de la planta, al mismo tiempo que limitará los riesgos de contaminación (CSIRO, 1995).

Entre algunos antecedentes mundiales de uso de este sistema de depuración se puede mencionar el ejemplo de Kuwait, en donde durante muchos años se utilizaron aguas residuales no depuradas para regar las plantaciones forestales. El contenido de los tanques sépticos se transportaba con cisternas y se utilizaba para las plantaciones Forestales. Por ejemplo, se crearon con éxito cortinas cortavientos de *Tamarix aphylla*, *Eucalyptus camaldulensis* y *Acacia salicina*, para la protección ambiental del municipio (Armitage, 1985).

El autor explica que en los años sesenta el gobierno emprendió un programa de tratamiento y utilización de las aguas residuales. En dicho programa se construyeron plantas para el tratamiento primario y secundario de las aguas de alcantarillado y se realizaron investigaciones sobre su utilización en la producción agrícola. La primera prioridad fue la producción de forrajes y hortalizas, mientras que la segunda el fomento de la silvicultura para la protección ambiental y la producción maderera.

Navarro Ariza, 1977 describe un modelo de purificación de aguas residuales parecido al ensayado en Kuwait, modelo que ha sido adoptado por comunidades del Río Cinca, en la municipalidad de Monzón, España. Este sistema comenzó a gestarse en 1955 cuando se comenzó a reforestar con álamos (*Populus x euroamericana*) regados con agua fluvial para estabilizar las riberas del Río Cinca y contener las inundaciones. A partir de los años sesenta, esta plantación se regó exclusivamente con aguas residuales no depuradas creando en 1987 filtros verdes a lo largo del río en cuatro municipios diferentes en un total de 245 ha. demostrando que éste es un sistema eficaz para eliminar el agua residual y acelerar, al mismo tiempo, la producción maderera. La explotación de los álamos, ha resultado ser la más idónea por la absorción de nutrientes, la capacidad de resistir a las inundaciones en el período de reposo vegetativo y la rentabilidad de la producción maderera, la que se realiza en una rotación de 12 años.

En la provincia de Córdoba los efluentes cloacales generan problemas como los observados en varios barrios ubicados cercanos de la planta depuradora de Bajo grande, donde el vertido de los líquidos cloacales produce la contaminación del río Suquía encontrándose materias coliformes en valores que superan ampliamente los límites tolerables, llegando a picos en la unión del río con la Cañada (53.840/100 ml) y en Corazón de María, (136.960/100 ml) superando 13.600 por ciento por encima de lo permitido (Universidad Nacional de Córdoba, 2008).

La utilización de filtros verdes para el tratado de efluentes cloacales podría ser un método efectivo y natural para solucionar los problemas de contaminación producidos en nuestra provincia, además de producir biomasa aprovechable para diversos fines.

El filtro verde básicamente se constituye sobre suelos vivos y permeables que se someten a riego con aguas contaminadas, dejando para la microflora y microfauna del suelo el trabajo de depuración (Montoya Oliver, 1993).

El autor menciona que entre las especies que se utilizan para estos sistemas se encuentran los álamos, los cuales pueden estar acompañados de pastos o forrajes para ganado constituyendo un sistema silvopastoril. De estas experiencias se desprende que una hectárea de filtro verde de *Populus sp* es capaz de depurar los residuos domésticos de más de doscientas personas.

Ball *et al*, 2002, informa que el filtro verde se utiliza en varios países del mundo y entre los ejemplos se mencionan las aplicaciones realizadas en Suecia, donde álamos y sauces se utilizan en los sistemas ganaderos intensivos como medio para absorber los altos niveles de nitratos en las aguas residuales de la industria lechera evitando la llegada de dichos compuestos a la napa freática.

HIPÓTESIS

Los sistemas de riego en el cual se utilizan aguas residuales aumentan la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo al igual que el porcentaje de materia orgánica lo que produciría un incremento en la tasa de crecimiento estacional y en la producción de biomasa total de los álamos.

OBJETIVOS

Objetivo general

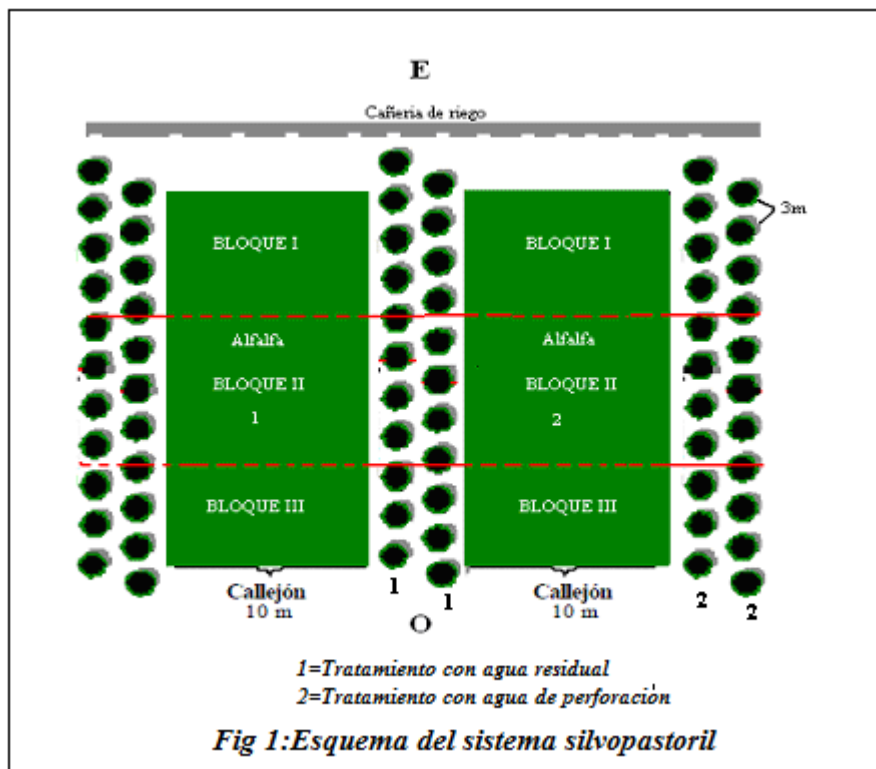
Determinar el crecimiento estacional de álamos regados con aguas residuales urbanas.

Objetivos específicos

- Determinar el crecimiento en volumen estacional y anual del fuste de los álamos.
- Determinar la biomasa de hojas aportada por la copa de los álamos sobre el callejón del inter cultivo de alfalfa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrollo en un sector de la residencia universitaria ubicada dentro del campus de la Universidad Nacional de Río Cuarto (33° 06' 50,31" LS y 64° 18' 18,11" LO) a 427 msnm. Este sistema se encuentra establecido en una superficie de 2100 m², dentro del mismo se encuentran tres trincheras forestales (separadas 10 m) de 4 años de edad. Las trincheras están constituidas por dos hileras de árboles plantadas en tresbolillo con una separación entre plantas de 3 m. En los callejones de 10 m, delimitados por estas trincheras se encuentra establecido un cultivo de alfalfa. Estos cultivos componen un sistema silvopastoril que en este caso es utilizado como un filtro verde. Dicho ensayo posee un sistema de riego el cual permite el suministro de dos tratamientos de riego, uno con agua residual urbana proveniente de las residencias universitarias, y el otro con agua de perforación apta para el riego (*Fig. 1*).



Para establecer un calendario de riego, se requiere conocer la dinámica del agua útil en el suelo. Estos valores fueron aportados por Malaspina (2009)¹.

¹ Comunicación Personal Juan Manuel Espina.2010. “Balance hídrico en una silvopastura alfalfa-álamo”. Trabajo final para optar al grado de ingeniero agrónomo. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto.

Caracterización edáfica del lugar

La aptitud de uso de estas tierras es agrícola. El suelo se caracterizo a través de la distribución de los horizontes, densidad y constantes hídricas (cuadro1).

Cuadro 1: Características físicas del perfil del suelo. UNRC

Características	Horizonte						
	Ap1	Ap2	2.A	3 AC	4.A	4 BW	4 BWK
Profundidad	0- 4	4- 16	16- 28	28- 45	45- 64	64- 74	>74
Da (g cm	1.36	1.36	1.45	1.40	1.47	1.02	1.07
Wc (%)	5.4	1.8	9.9	2.5	0.8	1.5	0.9
Wm (%)	7.4	7.7	7.9	7.6	7.1	7.5	7.6

Fuente *Crespi et.al 2005*

Donde:

Da, Wc y Wm son: densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

Caracterización del agua de riego

Agua de perforación

En la cuadro 2 se muestran los datos obtenidos del análisis químico del agua, con una CE de 0.45 dS/m, un Ph 7.40 y un RAS 1.21 la cual se puede calificar como de calidad buena para riego ya que no presenta limitantes para su uso.

Cuadro 2: Análisis del agua limpia para riego.

Aniones y cationes		mg L ⁻¹	meq L ⁻¹
Carbonato	(CO ₃ ⁼)	0.00	0.00
Bicarbonato	(CO ₃ H ⁼)	207.4	3.40
Cloruros	Cl	14.18	0.40
Sulfatos	(SO ₄ ⁼)	20.70	0.43
Sumatoria de aniones		242.38	3.83
Calcio	(Ca ⁺⁺)	28.41	1.42
Magnesio	(Mg ⁺⁺)	9.10	0.75
Sodio	(Na ⁺)	29.00	1.26
Potasio	(K ⁺)	4.35	0.11
Sumatoria de cationes		70.86	3.54

Fuente *Crespi. et.al 2005*

Agua residual

En la cuadro 3 se muestran los valores del análisis químico del agua residual, los cuales permiten calificarla como de calidad media presentando una ligera restricción para su uso.

Cuadro 3: Determinaciones Químicas analíticas del agua residual

Determinación analítica	Unidad	Valor
Sólidos Totales	ml/L	842.00
pH		7.82
Conductividad Eléctrica	dS/m	1.13
Turbiedad	FAU	263.50
Color Verdadero	PtCo APHA	1150.00
Nitrógeno total	ml/L	108.5
Cloruros	ml/L	138.00
Sulfatos	ml/L	14.50
Alcalinidad total	ml/L	350.00
Alcalinidad carbonatos	ml/L	< 1
Fósforo Total	ml/L	8.1
Hierro	ml/L	1.30
Litio	ml/L	No detectable
Boro	ml/L	0.14
Cromo	ml/L	0.04
Magnesio	ml/L	11.60
Manganeso	ml/L	0.08
Níquel	ml/L	No detectable
Potasio	ml/L	16.00
Plomo	ml/L	No detectable
Selenio	ml/L	No detectable
Sodio	ml/L	158.00
Aluminio	ml/L	0.99
Arsénico	ml/L	0.017
Cadmio	ml/L	0.00014
Calcio	ml/L	50.00
Zinc	ml/L	0.11
Cobalto	ml/L	No detectable
Cobre	ml/L	No detectable
Demanda Química de Oxígeno	ml/L	265.00
Demanda Biológica de Oxígeno	ml/L	112.57

Fuente Crespi. *et.al*, 2005

Para desarrollar los objetivos propuestos en este trabajo final se llevó adelante el siguiente procedimiento:

Determinación del crecimiento estacional del fuste de los álamos

La determinación del crecimiento fue calculado mediante el volumen producido en cada estación del año mediante la fórmula de Cotta:

$$V = \pi / 4 \cdot (\text{DAP})^2 \cdot h \cdot f$$

Donde: V= Volumen (m³)

DAP= Diámetro a la altura del pecho (m)

h=altura árbol(m)

f=coeficiente mórfico

Determinación del diámetro altura de pecho (DAP)

En las trincheras de árboles del sistema silvopastoril se establecieron tres bloques de 4 árboles cada uno. A cada árbol se le midió el diámetro a altura de pecho (DAP) mediante una cinta dendrométrica y una vara cuya longitud era de 1,3 m la cual ayudaba a que la medición se realizara a la misma altura. Una vez obtenidos los diámetros se realizó el promedio de estos en cada bloque obteniendo un diámetro medio el cual determinó el árbol tipo del bloque.

$$\text{Arbol tipo} = \sum \text{dapi} / N$$

Dapi: Diámetro de cada árbol dentro del bloque

N= número de árboles en cada bloque

Determinación de la altura

Sobre el árbol que presento el DAP más cercano al árbol tipo (diámetro promedio) se midió la altura mediante el Hipsómetro de SUNNTO.

Determinación del coeficiente mórfico

El coeficiente mórfico es el cociente entre dos volúmenes; el volumen real y el volumen aparente. Para calcular el volumen real se utilizaron datos del diámetro a la base (DAT), a la altura de pecho (DAP) y la altura total de los árboles tipo. Con estos datos se realizaron gráficos a escala representado cada uno de los árboles tipo. Este gráfico del árbol se dividió en cilindros de 1,3 m de longitud con excepción del último trozo (extremo) que formo un cono de longitud variable de acuerdo a la altura total de cada árbol. Con estos datos y mediante la formula de Smalian se estimo el volumen real de cada árbol.

$$\text{Volumen real} = \sum ((g1+g2)/2*L) + (1/3*\pi*r^2*Lc)$$

g1=área transversal mayor del rollizo

g2=área transversal menor del rollizo

L=Longitud de rollizo

Lc=Longitud del ápice del árbol

En el caso del volumen aparente se calculo a través del volumen de un cilindro de sección transversal igual D.A.P. y cuya altura es igual a la altura del árbol.

$$\text{Volumen aparente} = \pi/4 *(DAP)^2. h$$

DAP= Diámetro a la altura del pecho

h= altura del árbol

Utilizando estos métodos se obtuvo el crecimiento en volumen durante la primavera, el verano y el otoño hasta la caída de las hojas. El crecimiento de primavera se obtuvo realizando las mediciones el día 20 de diciembre a los 90 días de la brotación y descontando el volumen total acumulado hasta la estación anterior. En forma semejante se procedió a los 168 y 239 días para obtener el crecimiento de verano y otoño.

Diseño experimental y análisis estadístico

Para el estudio de los efectos del riego con agua residual domiciliar y agua de perforación sobre el volumen obtenido en cada estación de crecimiento se utilizó un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Los datos fueron tratados estadísticamente mediante el software estadístico Infogen (Balzarini y Di Rienzo 2011) con el cual se realizó un análisis de varianza.

Determinación de la biomasa de hojas aportada por la copa de los álamos sobre el callejón del intercultivo de alfalfa.

Para contar con un indicador relativo de la producción de biomasa de hojas aportadas por los álamos, se recolectaron el total de hojas presentes en callejón del sistema silvopastoril. Para ello se subdividió a cada callejón en tres bloques y cada bloque se subdividió en 5 franjas de 24 m² cada una. El centro de cada franja representó diferentes distanciamientos y exposiciones desde el fuste de los árboles: 1m – Sur, 3 m – Sur, 5 m (centro del callejón), 3 m Norte y 1 m Norte (Fig. 2). La recolección de las hojas se realizó al final del otoño. Las muestras fueron llevadas a estufa a 105°C por aproximadamente 48 horas, una vez pasado este tiempo se pesaron para obtener el peso seco. Este peso obtenido en las parcelas fue llevado a la hectárea.

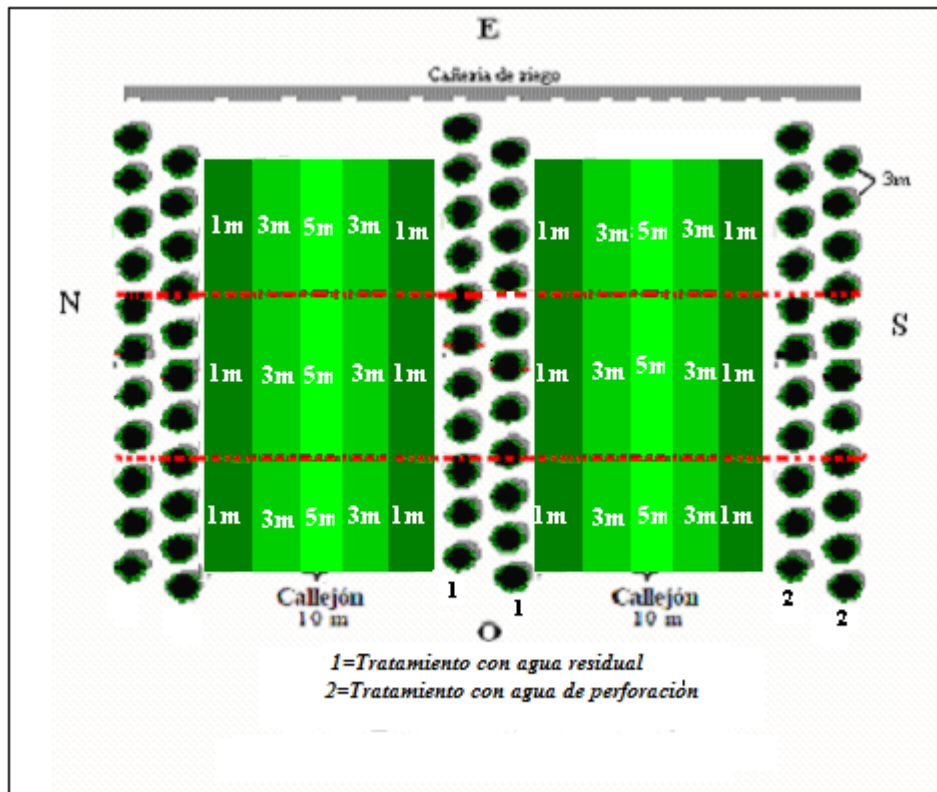


Fig. 2: Franjas con distinto nivel de sobreamiento y exposiciones desde el fuste.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la primera parte de la hipótesis de este trabajo se planteo que el riego de los álamos con aguas residuales domiciliaria produciría un incremento en la tasa de crecimiento estacional y en la producción de biomasa total de los álamos.

La producción de biomasa del fuste obtenido con la aplicación de agua residual urbana y agua de perforación de alta calidad para el riego se puede observar en el cuadro 1.

Cuadro 4: Crecimiento estacional (m³/ha) de los álamos con riego de agua residual domiciliaria y de perforación.

Estación	Biomasa maderable (m ³ /ha)	
	Agua residual domiciliaria	Agua de perforación
Primavera	3,5 b	4 b
Verano	5 b	6 b
Otoño	1,9 a	2 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Como se puede observar en el cuadro 4 la naturaleza del agua utilizada (residual Vs perforación) no tuvo efectos significativos sobre la producción de biomasa de fuste de los álamos. Esto no concuerda por lo sugerido por CSIRO (1995), que observó que las aguas de alcantarillado no depuradas e incluso los afluentes que han reciben tratamiento, tienen un efecto altamente significativo sobre la producción de biomasa aérea de cultivos arbóreos cuando se los compara con aquellos regados con aguas de perforación. El autor menciona que en los suelos regados con aguas residuales existen también diferencias en la composición de nutrientes minerales que la planta necesita para su crecimiento (nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes).

Los datos de este trabajo muestran que esto no ocurre cuando los suelos sobre los que se riega poseen alto nivel de nutrientes. Los valores de nutrientes reportados para el sitio del ensayo por Saroff, 2008² muestran que los valores de fósforo son muy altos en estos suelos (68 ppm) y los de nitrógenos moderados (123 ppm), no diferenciándose entre tratamientos, por lo tanto

² Comunicación Personal: Saroff, Cecilia Ana., 2008. Datos del proyecto: Utilización de efluentes domiciliarios mediante tecnología de filtro verde en una silvopastura con álamos y alfalfa.

esto explicaría la inexistencia de diferencias de biomasa entre los diferentes riegos.

Un comportamiento semejante describe Bastias (2004) cuando al aplicar riegos con agua servidas tratadas y agua de perforación sobre sitios ideales para el crecimiento de *Eucaliptus grandis* y *Eucaliptus saligna* obtuvo rendimiento similares de biomasa.

Lo interesante de destacar es que a pesar de los aportes de nutrientes del agua residual, estos no se vuelven nocivos para los cultivos e incluso lo depuran ya que tanto los suelos regados con agua de perforación y con agua residual poseen un nivel de nutrientes semejantes; esto reafirma lo planteado por Braatz y Kandiah (1992) que los filtros verdes pueden actuar como un mecanismo de depuración de muy bajo costo.

Otro aspecto que se consideró en este trabajo fue el crecimiento de biomasa en las estaciones del año. En el cuadro 4 se observa que los crecimientos obtenidos son semejantes durante la primavera y el verano, concentrando el 80% del crecimiento total, los que superan significativamente al crecimiento de otoño.

Para explicar este comportamiento se analizó la dinámica del agua en cada estación (grafico1)

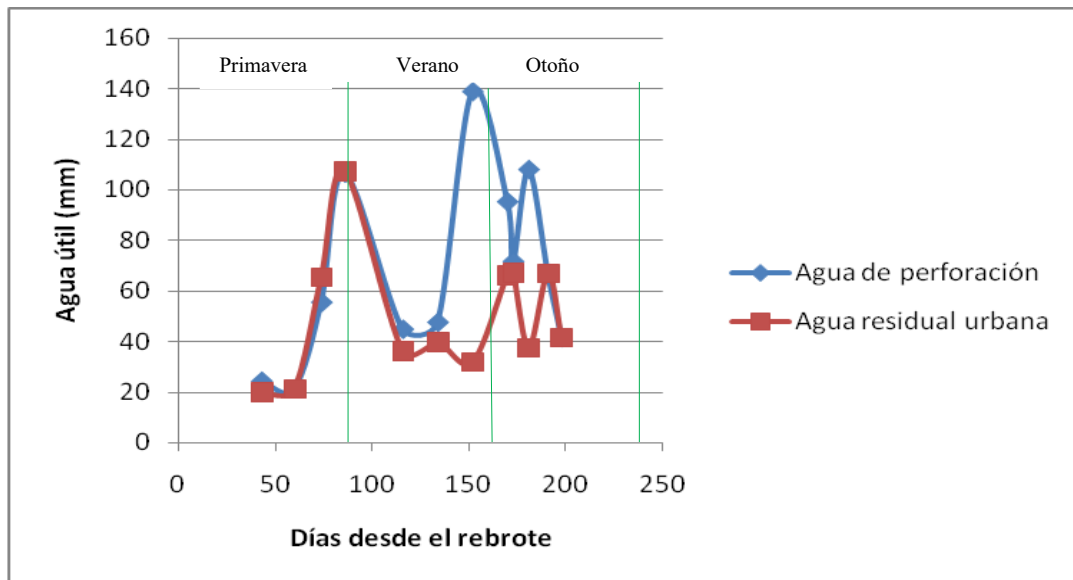


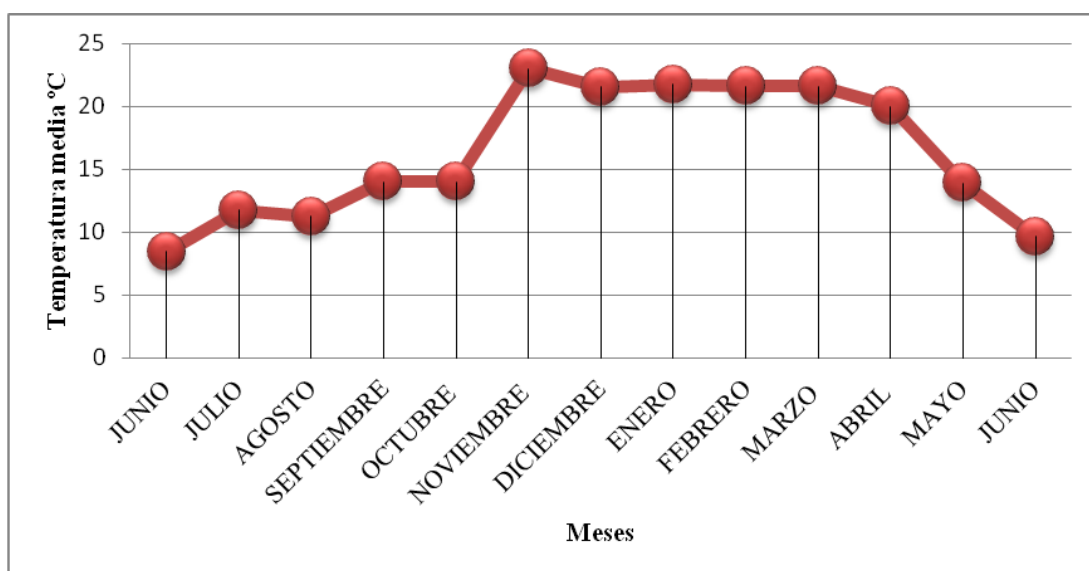
Grafico 1: Dinámica del agua útil en suelo regados con agua de perforación y agua residual urbana.

Como se observa los niveles de agua en promedio superaron los valores del 50 % de la capacidad de campo de estos suelos excepto durante el verano que estuvieron por debajo de

este valor, como resultado de una disminución de la población de estudiantes en las residencias universitarias lo que hace reducir la fuente de agua para riego. Por tanto los niveles de agua observados en el suelo no podrían explicar la dinámica estacional de la producción de biomasa de los álamos.

Por tanto, es de esperar que el efecto diferencial de la tasa de crecimiento de los álamos lo hayan producido las temperaturas más elevadas durante los meses de noviembre, diciembre y enero (gráfico 2) y no la variabilidad del agua en el suelo. En este sentido Gennari. *et al.* 2005 analizando patrones de crecimiento juveniles en clones de *Populus deltoides* encontró que las tasas de crecimiento más elevadas fueron en diciembre y enero coincidentes con las altas temperaturas.

Grafico 2: Temperaturas medias mensuales durante el periodo de crecimiento 2008-2009



Biomasa de hojas aportada por la copa de los álamos

La producción y distribución de la biomasa de hojas de álamos en el callejón del sistema silvopastoril se observa en los cuadros 5 y 6.

Cuadro 5: Biomasa de hojas aportada por la copa de los álamos sobre el callejón del sistema silvopastoril utilizado como filtro verde.

Tratamientos	Biomasa (Kg Ms/ ha)
Agua de perforación	86,1 a
Agua residual urbana	112,6 a

Como se observa en el cuadro los aportes de biomasa de hoja son bajos no superando los 113 kg/ha y al igual que la producción de biomasa maderable tampoco existe diferencias entre

tratamientos, aún cuando se observe una tendencia a la mayor producción con el agua residual urbana ($P \leq 0,06$).

El aporte de biomasa a diferentes distancias del fuste y exposición de las copas los árboles se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6: Distribución de biomasa de hojas en el callejón del sistema silvopastoril

Distancia desde el fuste y exposición (m- orientación)	Biomasa de hojas (Kg MS/Ha)	
	Agua de perforación	Agua residual
1 - Sur	86,81 a	83,58 a
3 - Sur	96,66 a	120,23 a
5 – centro del callejón	82,2 a	126,54 a
3 - Norte	66,6 a	113 a
1 - Norte	97,13 a	119,83 a

Como se observa en este cuadro la comparación de biomasa a diferentes posiciones desde el fuste y exposiciones de la copa tampoco mostró diferencias estadísticamente significativas. Aunque pueda observarse una tendencia a una mayor producción en el riego con agua residual, es solo una expresión de la alta variabilidad de los datos y no a una diferencia real en los mismos ($P \leq 0,70$).

Una tendencia semejante a la encontrada en la distribución de biomasa de las hojas, fue encontrada por Bastias (2004) cuando analizó la composición de nutrientes en las mismas. En este trabajo la concentración de nitrógeno no varió según se aplicara agua residual urbana o agua de perforación con calidad para riego.

En términos generales podríamos afirmar que la producción de biomasa de hojas, sin restricciones hídricas como en nuestro caso, se logra a expensas de las reservas del suelo (en el caso del agua de perforación) siendo suficiente para soportar el crecimiento de los árboles minimizando la diferencia entre tratamientos.

CONCLUSIONES

Una vez analizado e interpretado los datos obtenidos en el presente trabajo en donde se analizo el crecimiento estacional de álamos regados con dos tratamientos de riego aguas residuales urbanas y agua de perforación dentro un sistema silvopastoril, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- No existe diferencia entre los dos tratamientos de agua para riego realizados, por lo que se asume que el riego con agua residual domiciliaria no afectaría el crecimiento estacional de *Populus deltoides* cv catfish 5 para las condiciones semejantes a las logradas en este experimento.
- La distribución de biomasa de hojas aportadas por los álamos tanto en la parcela tratada con agua de perforación como en la parcela tratada con agua residual sigue un patrón común no existiendo diferencias en la producción de biomasa de hojas y su distribución que demuestren el beneficio de uno u otro tratamiento asumiendo que el efecto del aporte de nutrientes por medio del tratamiento es diluido por la fertilidad del suelo en el que se encuentra el ensayo.
- Los resultados encontrados en el trabajo muestran que el agua residual urbana puede ser utilizada para reemplazar el agua de perforación de alta calidad para el consumo humano, sin resentir la producción de madera y biomasa de hojas de los álamos.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDENMATTEN y LETOURNEAU, 1998 Estimación de alturas para su empleo en cuadros de volumen de árbol individual REV QUEBRACHO. p: 27-33
- ARMITAGE, F.B. 1985.Irrigated forestry in arid and semi-arid lands: a synthesis. FAO Ontario, CANADA, CIID.88p
- BASTÍAS,E 2004. Efecto del riego con aguas servidas tratadas en especies vegetales ornamentales. Memoria para optar al título profesional de ingeniero forestal, Universidad de Chile. p: 37-38
- BRAATZ, S. Y KANDIAH, A 1992 Utilización de aguas residuales urbanas para el riego de árboles y bosques. Unasyuva- No. 185. 11p.
- CRESPI, R.; PLEVICH, J. O.; THUAR, A.; GROSSO, L; RORIGUEZ,C. ; RAMOS, D.; BAROTTO, O. ; SARTORI, M.; COVINICH, M. y J. BOEHLER. (2005) Manejo de aguas residuales urbanas. Universidad Nacional de Río Cuarto. Agencia Postal N° 3. 23p.
- CSIRO. 1995. Effluent irrigated plantations: design and management.*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*. Canberra, Australia.
- GENNARI A.; PRADA E.; ACHINELLI F 2005. Patrones de crecimiento juvenil en altura y diámetro en clones de *Populus deltoides* Marsh. y *Populus x canadensis* Mönch. Actas Jornadas de Salicáceas Trabajo técnico Papel Prensa S.A, Buenos Aires, ARGENTINA. p: 263-270.
- BALZARINI M.G., DI RIENZO J.A. 2011. InfoGen versión 2011. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. En: <http://www.info-gen.com.ar> .
- KIVISTE, A., ALVAREZ GONZALEZ, J.G, ROJO ALBORECA A., RUIZ GONZALEZA.D. Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal, Ministerio de ciencia y tecnología. Ministerio de ciencia y tecnología, España. 190p
- LA VOZ DEL INTERIOR. 2008. Coliformes fecales en el agua del río En: http://archivo.lavoz.com.ar/nota.asp?nota_id=163145 Consultado 05/09/2009.
- MARTELLOTTO, E; P SALAS; E. LOVERA; A SALINAS; J.P GIUDERGIA; S. LINGUA-2004 Planilla de balance hídrico para riego. Proyectos regionales: Agricultura sustentable, gestión ambiental. INTA, EEA MANFREDI.
- MONTOYA OLIVER, J.M. 1993 ''Chopos y Choperas'' Ed. Agro guías mundi-prensa, ESPAÑA.124p.
- NAVARRO ARIZA, M.1977. El concepto de filtro vivo forestal en saneamiento. Montes (1977) p: 269-273.

TAVELLA, J. 2007 Uso del agua y producción de trigo bajo diferentes tratamientos de Labranza en un sistema silvoagrícola. Tesis. Fac. de Agronomía y veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina. 25p

THREN M. 1993 Serie técnica forestal. Vol. 1.Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago del Estero, Argentina.182p

