



---

## REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA EL RIEGO DE PLANTACIONES FORESTALES: RESULTADOS PRELIMINARES SOBRE EFECTOS EN EL SUELO Y EN LA PRODUCTIVIDAD

Natalia TESON<sup>1,2</sup>, Federico LARocca<sup>1</sup>, Guillermo MILLAN<sup>3</sup>, Víctor Merani<sup>3</sup>

### RESUMEN

La reutilización de las aguas residuales para el riego presenta numerosas ventajas entre las que se destacan la conservación de los recursos hídricos y el aporte continuo de nutrientes y agua para las plantas. En este trabajo se presentan los resultados del primer año de un proyecto desarrollado entre la EEA Concordia de INTA y la Facultad Regional Concordia de la UTN junto al Municipio de Colonia Ayuí, la empresa MASISA, la ONG Salto Grande Ambiental y La CTM Salto Grande, como respuesta a las frecuentes floraciones algales en las aguas del lago Salto Grande producto de la eutrofización. El objetivo del proyecto es disminuir el aporte de nitrógeno y fósforo a las aguas del Lago Salto Grande, sin afectar otros recursos y evaluar el comportamiento de una plantación de *Eucalyptus grandis* irrigada con efluentes cloacales. Las parcelas regadas incrementaron su crecimiento y si bien se observaron cambios en la química del suelo los indicadores analizados no mostraron valores que produzcan efectos adversos para la especie utilizada. Si bien estos resultados son preliminares, la reutilización de los efluentes para el riego de plantaciones forestales podría ser una alternativa al vertido de efluentes en las aguas superficiales.

**Palabras clave:** eutrofización, efluentes cloacales, *Eucalyptus grandis*

### 1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de las aguas cloacales mediante lagunas de estabilización es un método ampliamente difundido en comunidades pequeñas o medianas, de climas templados con disponibilidad de tierras para su instalación. Este método tiene muchas ventajas como el bajo mantenimiento, la simplicidad de su manejo y la poca energía que requiere. Sin embargo, cuando posteriormente a su tratamiento los efluentes son volcados a cursos de aguas pueden ocasionar problemas ambientales como la eutrofización de las aguas debido a su alta concentración de nutrientes.

Por otra parte, las especies forestales cultivadas en nuestra zona presentan altas tasas de crecimiento asociadas a un alto requerimiento de recursos (energía, agua, nutrientes, etc.). Paradójicamente, algunos de los principales nutrientes requeridos por las plantaciones, como el fósforo y el nitrógeno, son vertidos como se mencionó anteriormente a las aguas superficiales (ríos, arroyos, etc.).

La reutilización de las aguas residuales para el riego presenta numerosas ventajas entre las que se destacan la conservación de los recursos hídricos y el aporte continuo de nutrientes y agua para las plantas.

La localidad de Colonia Ayuí se encuentra ubicada en el perilago de la represa de Salto Grande. Cuenta con aproximadamente 3000 habitantes y los efluentes cloacales eran vertidos después del tratamiento secundario al lago de la Represa Salto Grande.

En los últimos años han ocurrido frecuentes floraciones de algas nocivas (FAN). Para contribuir a mejorar la calidad de las aguas del lago se desarrolla el presente proyecto en el que se reutilizan los

---

<sup>1</sup> INTA EEA Concordia. Contacto: [teson.natalia@inta.gob.ar](mailto:teson.natalia@inta.gob.ar)

<sup>2</sup> UTN Facultad Regional Concordia. Grupo LAR.

<sup>3</sup> UNLP Cátedra de Edafología. Facultad de Ciencias Agraria y Forestales.



efluentes para irrigar una plantación. Los objetivos son: disminuir el aporte de nitrógeno y fósforo a las aguas del Lago Salto Grande, sin afectar otros recursos y evaluar el comportamiento de una plantación de *Eucalyptus grandis* irrigada con efluentes cloacales.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realiza en la localidad de Colonia Ayuí, Departamento Concordia, Entre Ríos. La municipalidad cuenta con un sistema de tratamiento de aguas cloacales compuesto por un tratamiento primario de rejillas y un tratamiento secundario de lagunas de estabilización. El tratamiento secundario lo componen dos módulos de dos lagunas cada uno. La primera laguna es anaeróbica y la segunda facultativa. Originalmente, luego del tratamiento secundario los efluentes eran vertidos al lago de Salto Grande.

Con financiación de la Secretaría de Ambiente de la Nación se instaló en el año 2014 una estación de bombeo y filtrado que permitió conducir los efluentes hasta el predio "La Lata" propiedad de la empresa MASISA a unos 2000 m de la descarga original.

En un lote de 15 ha de "La Lata" se realizó una replantación en noviembre de 2013, con un distanciamiento de 3 m x 3 m. Posteriormente se instaló el sistema de riego por goteo en 12 ha, exceptuando 3 ha en la zona más baja. El distanciamiento entre los goteros es de 1 m, la distancia entre las líneas de goteo es de 3 m y el caudal de los goteros es de 3,6 l/h.

En el presente trabajo se presentan resultados que corresponden al primer año de evaluación sobre los efectos en algunas propiedades químicas del suelo y en el crecimiento de la plantación.

### Evaluación de la productividad de la plantación.

El diseño del ensayo es de parcelas apareadas. Las parcelas tienen una superficie de 900 m<sup>2</sup> (30 m x 30 m) con una zona de amortiguación. El riego se inició en enero de 2016. Trimestralmente se midió altura total (Ht) y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de las plantaciones a partir de los cuales se calculó el área basal (AB) y el volumen de madera con corteza en las parcelas de medición.

### Análisis de suelos

Al finalizar el primer año desde el inicio el riego se tomaron muestras de suelo, de las parcelas con y sin riego para evaluar los cambios ocurridos. Se tomó una muestra compuesta en cada parcela y a tres profundidades (0-20cm, 20-40cm, 40-60cm). En las mismas se determinó pH, conductividad eléctrica (CE), fósforo disponible (Pd) por el método Bray-Kurtz n°1 y cationes en el extracto de saturación: calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K), según metodologías descriptas en SAMLA-PPROMAR (2004). Como indicadores del efecto de los efluentes sobre el suelo se consideró la conductividad eléctrica (CE) y la relación de adsorción de sodio (Oliveira Marinho et al., 2014).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el año 2016 se reutilizaron más de 30 millones de litros de efluentes tratados lo que permitió reducir el aporte de nutrientes al lago. En el Cuadro 1 se presentan las cantidades de nutrientes reutilizados.

**Cuadro 1.** Volumen de efluentes y cantidades de nutrientes reutilizados durante el año 2016.

<b>Efluente reutilizado</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nitrógeno total (kg)</b>	<b>Fósforo total (kg)</b>
Anual	30600	2374	265

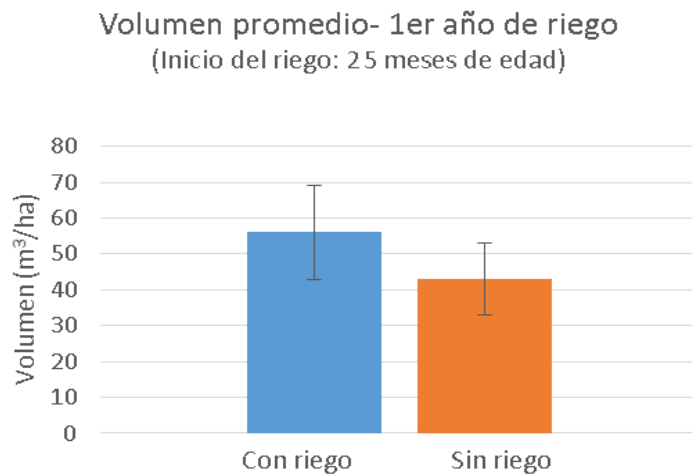
Mediante el riego se suministró una lámina de 255 mm en el año, mientras que el aporte de N y P fue de 198 kg/ha y 22 Kg/ha respectivamente.

En un estudio realizado por Barrera et al. (2005) se analizó el ciclo de los principales nutrientes y la proficiencia de absorción para N y P en hojas senescentes, concluyendo que *E. grandis* posee muy

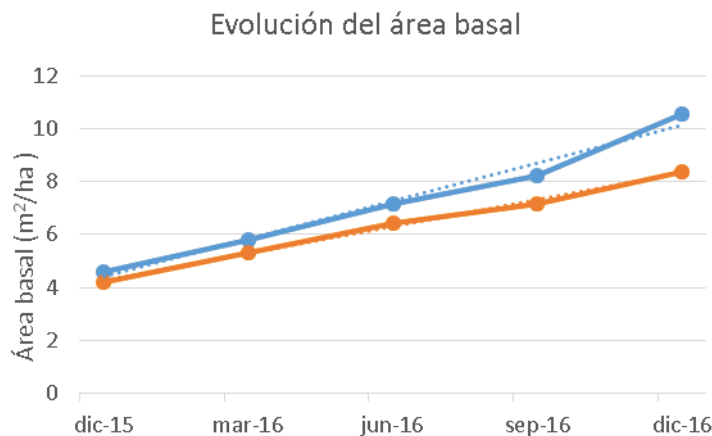


buenos mecanismos de recuperación de nutrientes a través de la retraslocación, principalmente para el fósforo, en respuesta a la marcada deficiencia que tiene este nutrientes en los suelos del NE entrerriano. Posiblemente, la retranslocación sea uno de los flujos que cambie sustancialmente dada la alta disponibilidad de estos nutrientes en el suelo en las parcelas irrigadas. Así como la tasa de absorción de nitrógeno y fósforo, acompañando el mayor crecimiento.

El crecimiento durante el primer año fue mayor en las parcelas irrigadas (Gráfico 1). En cuanto a la evolución del área basal, se observó que las diferencias entre los tratamientos se incrementaron con el transcurrir del año (Gráfico 2).



**Gráfico 1.** Volumen de madera con corteza (m³/ha), en parcelas con y sin riego a los tres años de edad



**Gráfico 2.** Promedio del área basal (AB) de las parcelas con (CR) y sin riego (SR) durante el primer año de riego

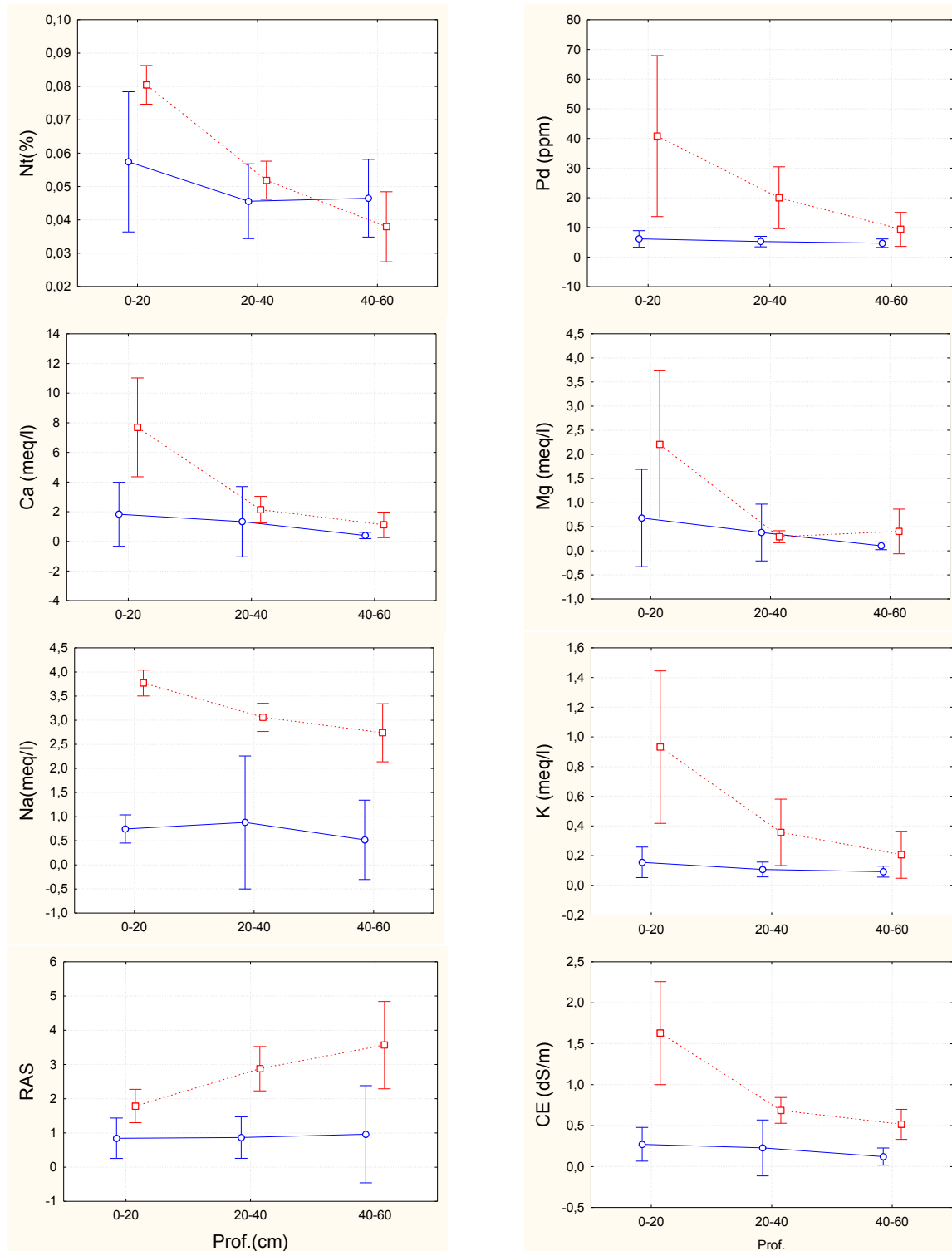
Los resultados de los análisis químicos del suelo en las distintas profundidades se presentan en el Gráfico 3.

Se observa un incremento del fósforo disponible que alcanza valores clasificados como muy bien provisto en la profundidad de 0 a 20 cm. El nitrógeno total, si bien registra un aumento, presenta contenidos aun bajos en las parcelas irrigadas. El mayor incremento de nitrógeno se registra en el horizonte superficial de igual manera que el fósforo, esto se debería a su escasa movilidad en el perfil.

Esto coincide con los señalado por Andrade et al. (2000) quienes reportaron que en suelos regados con aguas residuales a medida que mayor fue el tiempo de riego y la dosis aplicada, mayor fue el incremento en los contenidos de P del suelo. Entre las causas de una mayor disponibilidad de fósforo,



luego de la aplicación de aguas residuales se encuentran los aportes provenientes del fósforo orgánico como producto de la mineralización de la materia orgánica y en menor medida podría atribuirse a la disminución de la acidez causada por la incorporación de materiales de reacción alcalina (Korentajer, 1991).



**Gráfico 3.** Contenido de nitrógeno total (Nt), fósforo disponible (P d), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K) en el suelo. Relación de adsorción de sodio (RAS) y conductividad eléctrica (CE) en el suelo de las parcelas irrigadas (  $\square$  ) y sin riego (  $\circ$  ).

En cuanto a los cationes en el extracto de saturación del suelo se observa que calcio, magnesio y potasio registran un incremento en las parcelas irrigadas, fundamentalmente en la profundidad de 0 a



20 cm. A mayor profundidad el incremento es menor, alcanzando valores similares a los del testigo a la profundidad de 40 a 60 cm. Simonete et al. (2003) al analizar la evolución de los cationes intercambiables observaron que se produce un aumento, siendo el Mg el catión que registra las diferencias más marcadas. El Na, quizás en función de su mayor solubilidad y menor afinidad por el intercambio, presenta una mayor concentración en todas las profundidades, y a causa de este comportamiento es que se registra un aumento de la RAS. En las parcelas irrigadas se observa que se incrementó el valor de la RAS con el aumento de la profundidad, sin embargo no alcanzó valores elevados que indiquen problemas de sodicidad.

Las sales son continuamente adicionadas durante el riego y se concentran en la solución del suelo debido a que los árboles absorben el agua y a la evaporación desde la superficie. Si la concentración de sales es muy alta en la zona de las raíces, se deberían adicionar riegos para el lavado de las mismas. En nuestra zona las precipitaciones contribuyen al lavado de sales. Según Myers et al. (1999) *Eucalyptus grandis* tiene una tolerancia a la salinidad en el rango de 2-4 dS/m, por lo cual los valores observados están por debajo de este límite para todas las muestras.

Los efluentes municipales tienen un contenido bajo o medio de sales (EC 0,6 – 1,7 dS/m) con una alta concentración de sodio en relación a los otros cationes (calcio, potasio y magnesio). Por lo cual es necesario monitorear lo que ocurre en el suelo en cuanto a esta relación para que no se deterioren las condiciones físicas del suelo. En las parcelas irrigadas se observa que se incrementó el valor de la RAS con el aumento de la profundidad, sin embargo no alcanzó valores elevados que indiquen problemas de sodicidad.

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados del primer año demuestran que es posible contribuir a mejorar la calidad de los recursos hídricos reutilizando las aguas residuales domiciliarias para el riego de plantaciones de *Eucalyptus grandis*, obteniendo incrementos en el crecimiento debido al aporte diario de nutrientes y agua. Si bien es necesario continuar con el monitoreo del suelo, finalizado el primer año no se presentaron problemas de salinidad o sodicidad en el mismo.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no estaría en marcha hoy sin el apoyo invaluable de la **Lic. Alicia Rossi**, amiga y compañera, que ya no está entre nosotros, pero cuyo espíritu de lucha y colaboración desinteresada en pos del cuidado de los recursos naturales ha quedado plasmada en el proyecto. Y a todos los que aportan su granito de arena desde cada lugar especialmente para Marcos, Edgardo, Gabino y Diego, entre muchos otros.

#### 6. LITERATURA CITADA

ANDRADE M.L., MARCET P., REYZÁBAL M.L., MONTERO M.J. 2000. Contenido, evolución de nutrientes y productividad en un suelo tratado con lodos residuales urbanos. *Edafología* 7-3: 21-29.

BARRERA M.D., GOYA J.F. FRANGI J.L. 2005. Ciclo y eficiencia en el uso de nitrógeno y fósforo en plantaciones de *Eucalyptus grandis* sobre diferentes tipos de suelos en Entre Ríos, Argentina. Tercer Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, Argentina.

ERICKSON DE OLIVEIRA MARINHO L.; CORAUCCI FILHO B.; ROSTON D.M.; STEFANUTTI R., TONETTI A.L. 2014. Evaluation of the Productivity of Irrigated *Eucalyptus grandis* with Reclaimed Wastewater and Effects on Soil. *Water Air Soil Pollut* 225:1830.

KORENTAJER L. 1991. A review of the agricultural use of sewage sludge benefits and potential hazards. *Water, Air and Soil Pollution* 17: 189-196.

SAMLA 2004. Sistema de Apoyo Metodológico a los Laboratorios de Análisis. Recopilación de técnicas de laboratorio. Formato CD-ROM. ISBN 987-9184-40-8.

SIMONETE M., KIEHL J., ANDRADE T. 2003. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38(10): 1187-1195.

MYERS B.J., BOND W.J., BENYON R.G., FALKINER R.A., POLGLASE P.J., SMITH C.J., SNOW V.O., THEIVEYANATHAN S. 1999. Sustainable Effluent-Irrigated Plantations: An Australian Guideline, CSIRO Forestry and Sustainable Forest and Forest Products. Canberra, Australia. 300 pp.