

Introducción

El uso del agua regenerada para el riego de parques, jardines y zonas verdes de las ciudades se ha consolidado como una iniciativa de gran proyección, especialmente en regiones expuestas a episodios de escasez hídrica (Chen et al. 2015; Lyu y Chen 2015 y Hassanli 2013).

En la Comunidad de Madrid y, más concretamente en la ciudad de Madrid, la utilización de agua residual regenerada constituye un componente significativo en la gestión integral de sus recursos hídricos (Iglesias y Ortega 2008).

La mayor parte de sus parques urbanos comenzó a ser regada, desde los primeros años del presente siglo, con aguas regeneradas procedentes de las Estaciones Regeneradoras de Aguas Residuales.

Desde 2009 este equipo investigador ha venido realizando un seguimiento de los efectos del riego con esa agua, constatándose un incremento de la conductividad eléctrica del agua edáfica, de la concentración de sodio y cloruro disponibles en el agua del suelo; y detectado modificaciones en el complejo de cambio del sustrato edáfico (Sastre et al. 2016).

Al efecto de paliar esos incrementos de salinidad no deseables, parece necesario implementar algún tipo de medida correctora, configurándose como una de ellas la aplicación de riegos de lavado.



Figura 1. Cartel Agua Regenerada

Resultados y Discusión

- La variación de EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en los diferentes tomamuestras de la parcela PO-2 se muestra en la Figura 5:
- EC del agua edáfica se mantiene en torno a $3.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ en los dos niveles más superficiales tras concluir la campaña de riego de 2012.
 - Los episodios de lluvia otoñales reducen considerablemente EC PO2-30. EC PO2-60 se reduce en menor medida por razón de la llegada del lixiviado de PO2-30. Mientras que EC de PO2-80, aun partiendo de un valor inicial inferior al anterior mantiene un sesgo igualmente descendente.
 - Tras la aplicación de los dos riegos de lavado se observa un notable descenso en EC PO2-60 (de 2.500 a $1.200 \mu\text{S}/\text{cm}$). EC PO2-80 apenas desciende, observándose por el contrario un gradual incremento atribuible a la llegada del frente salino desde PO2-60.
 - EC PO2-30 se mantiene prácticamente constante a lo largo de la experiencia, en torno a $1.000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

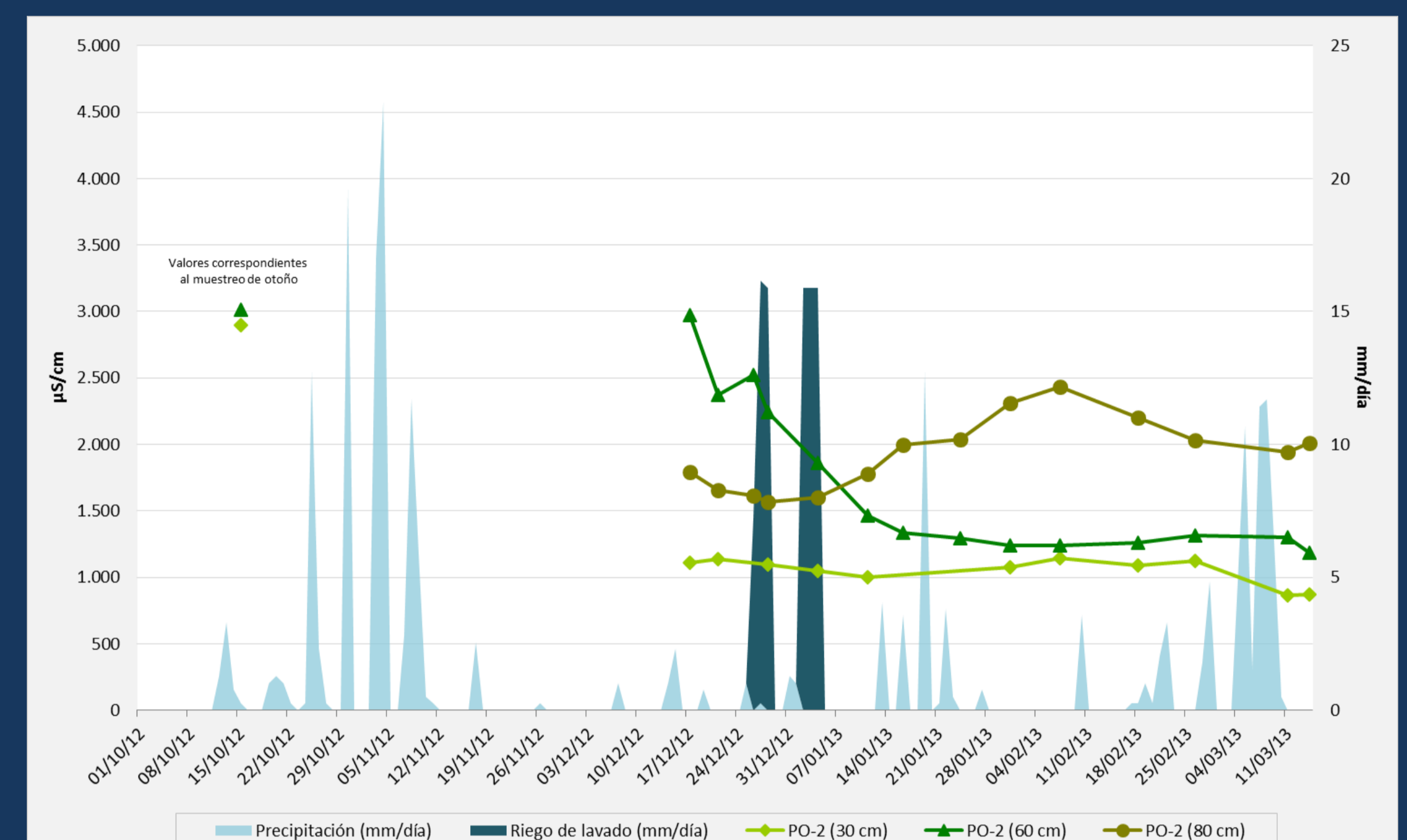


Figura 5. Variación de la conductividad eléctrica en la experiencia de lavado en PO-2

Material y Métodos



Figura 2. Localización del Parque del Oeste (Madrid)

La experiencia se llevó a cabo en el Parque del Oeste de la ciudad de Madrid (Figura 2), ubicado en el distrito de Moncloa y que cuenta con una superficie cercana a las cien hectáreas, regadas en su totalidad con agua regenerada.

Disponiéndose en el parque de varias parcelas de estudio, este trabajo se centra en dos de ellas: PO-2 (entorno del monumento a Elena Fortún) y PO-6 (junto a las oficinas del parque).

Fecha	Dosis de riego (mm/día)	
	PO-2	PO-6
26-dic-2012	7,23	10,61
27-dic-2012	15,90	17,50
28-dic-2012	15,90	17,50
02-ene-2013	15,90	17,50
03-ene-2013	15,90	17,50
04-ene-2013	15,90	17,50

Tabla 1. Dosis de riego (mm/día) aplicada en las dos parcelas

Cada parcela de estudio incorpora una batería de succión de agua del suelo integrada por tres tomamuestras de 6 cm de diámetro, instalados a 30, 60 y 80 cm de profundidad (PO-2) y a 30, 60 y 120 cm (PO-6), y operando a un vacío de 70 cbar.

El ensayo se llevó a cabo entre el 26 de diciembre de 2012 y el 11 de marzo de 2013, ya que los riegos de lavado fueron aplicados entre el 26 y 28 de diciembre de 2012 y entre el 2 y 4 de enero de 2013. Las dosis de riego de lavado aplicadas en cada emplazamiento se detallan en la Tabla 1.

Las muestras se tomaron con una frecuencia inicial de 2 a 3 días durante la realización de los riegos y semanalmente tras la finalización de los mismos; midiéndose sistemáticamente la conductividad eléctrica (EC) in situ con un conductímetro Crison CM35.



Figura 3. Muestreo del agua del suelo

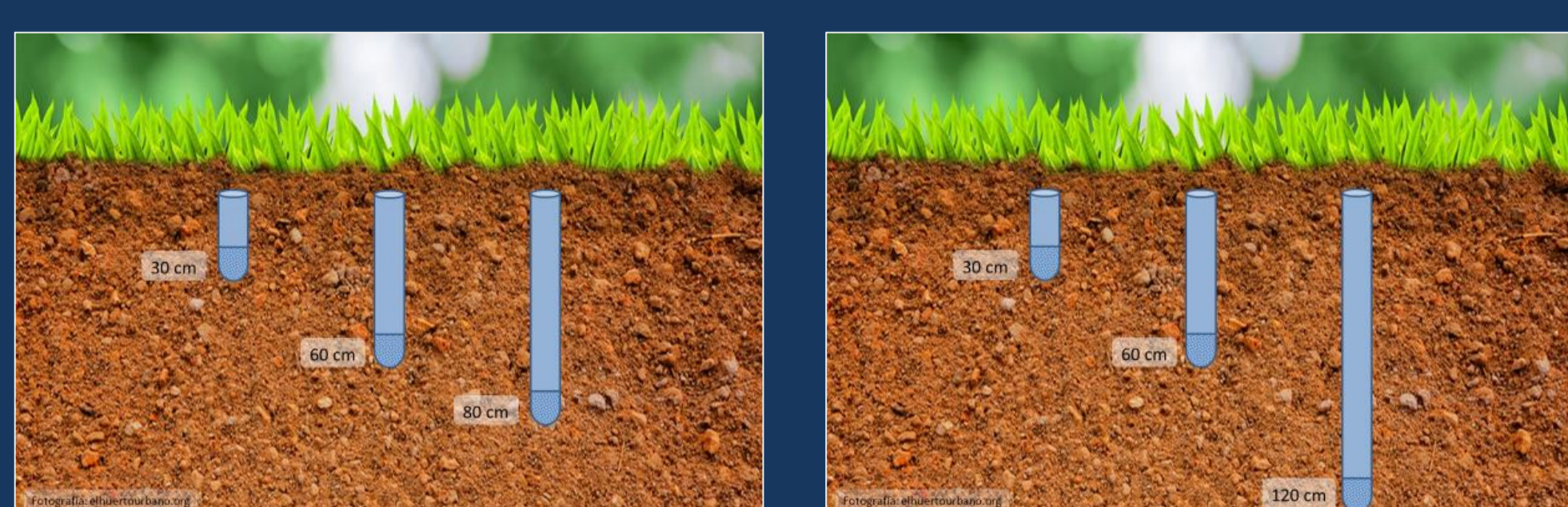


Figura 4. Esquema de los tomamuestras de succión (PO-2 y PO-6)

La variación de EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en los diferentes tomamuestras de PO-6 se muestra en la Figura 6:

- Se observa una notable heterogeneidad entre los valores de EC de los tomamuestras al final de la campaña de riego 2012, destacando el valor más elevado de PO6-60 respecto a PO-2.
- La aplicación de los riegos de lavado es responsable del sustancial descenso observado en PO6-30 y PO6-60 especialmente. El episodio lluvioso de la segunda mitad de enero es responsable de la continuación del descenso en estas dos profundidades.
- EC PO6-120 apenas muestra tal descenso, tendiendo a mantenerse constante. A mediados de febrero se observa un tenue incremento de EC que puede interpretarse como la llegada a esa profundidad del flujo lixiviado desde la superficie.
- Las lluvias primaverales de mediados de marzo mantienen el sesgo descendente de EC en los tres tomamuestras.

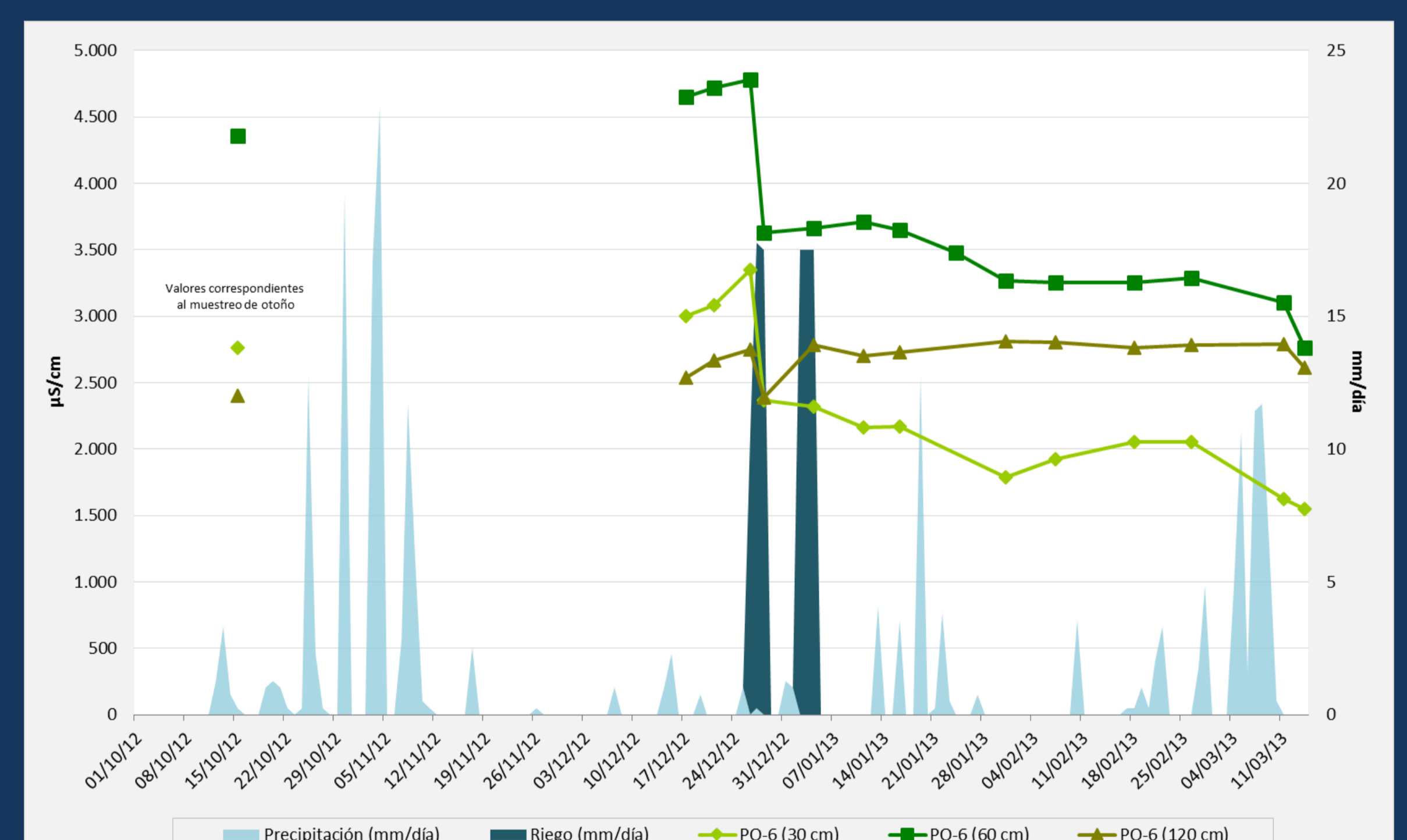


Figura 6. Variación de la conductividad eléctrica en la experiencia de lavado en PO-6

Conclusiones

- En ambas parcelas se observaron variaciones considerables una vez aplicados los dos riegos de lavado, lo que permite entrever la **efectividad** de esta práctica.
- Las variaciones observadas muestran que se ha producido una **migración de sales** desde la superficie hacia los horizontes más profundos del suelo, acelerado por la aplicación de estos riegos de lavado.
- La heterogeneidad, discontinuidad y singularidad de la **cubierta edáfica** de los parques urbanos puede explicar las diferencias de comportamiento observadas entre una y otra parcela.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado merced a sendos convenios de colaboración entre la Universidad de Alcalá y las empresas concesionarias del Ayuntamiento de Madrid para el servicio de riego y jardinería en los parques correspondientes, IMESAPI SA (2009-2013) y FCC (UTE's 5 y 6) (2014-2016).

Vaya igualmente el agradecimiento al Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad (Dirección General de Gestión del Agua y Zonas Verdes) del Ayuntamiento de Madrid, por su mediación e interés para que el referido estudio de seguimiento haya sido llevado a efecto.

Bibliografía

- Chen W, Lu S, Pan N, Wang Y, Wu L (2015) Impact of reclaimed water irrigation on soil health in urban green areas. *Chemosphere* 119: 654-661
- Halivandi A (2013) Recycled wastewater for parkland plant irrigation and sustainability measures. *The 14th National Street Tree Symposium 2013*: 34-38
- Iglesias R, Ortega E (2008) Present and future of wastewater reuse in Spain. *Desalination* 218 (2008) 105-119
- Lyu S, Chen W (2016) Soil quality assessment of urban green space under long-term reclaimed water irrigation. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2016 Mar;23(5): 4639-49
- Sastre A, Zalacáin D, Bienes R, Martínez S (2016) Seguimiento de los efectos del riego con agua regenerada en los parques urbanos de Madrid. IX Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua.