

ESTABILIDAD DEL ARBOLADO URBANO

JORNADA TÉCNICA 10 diciembre 2014



Ilustre Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos Forestales y
Graduados en Ingeniería Forestal
y Medio Natural

Uso de agua regenerada para el riego de los parques y jardines públicos de Madrid: ventajas y limitaciones

Antonio Sastre Merlín

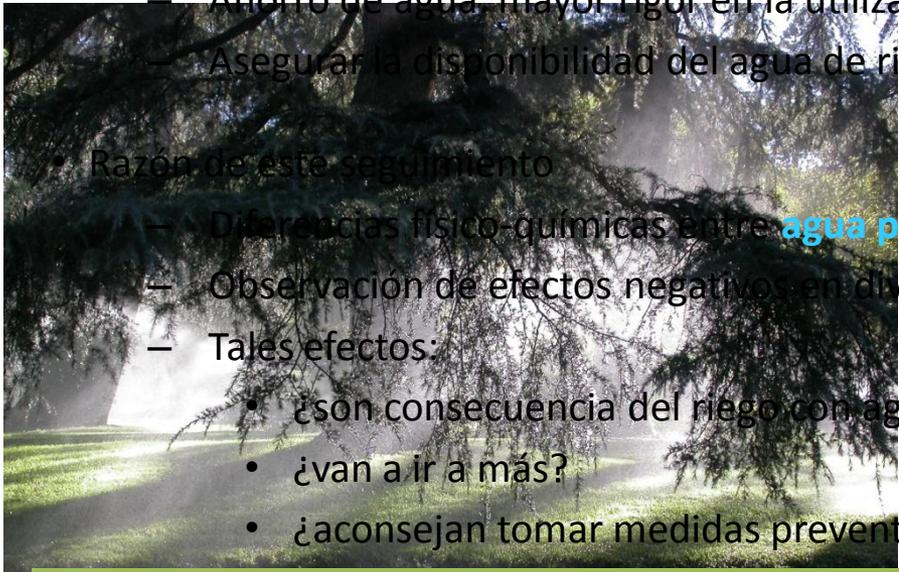
Dpto. Geología, Geografía y Medio Ambiente

Universidad de Alcalá



¿Por qué el riego con **Agua Regenerada (AR)**?

- Riego con **agua regenerada**
 - Esfuerzo importante (técnico y económico) del Ayuntamiento de Madrid
 - Iniciativa relevante de gestión del agua, reconocida en foros de expertos
- Razones para regar con **agua regenerada**
 - Liberación de recursos hídricos para otros usos mas exigentes (**AP≈2,5 hm³**)
 - Ahorro de agua: mayor rigor en la utilización del recurso
 - Asegurar la disponibilidad del agua de riego en los periodos de escasez y/o sequía



- Razón de este seguimiento
 - Diferencias físico-químicas entre **agua potable (AP)** y **agua regenerada (AR)**
 - Observación de efectos negativos en diversas especies arbóreas y arbustivas
 - Tales efectos:
 - ¿son consecuencia del riego con agua regenerada?
 - ¿van a ir a más?
 - ¿aconsejan tomar medidas preventivas? ¿cuales?

“SEGUIMIENTO DEL RIEGO CON AGUAS REGENERADAS EN LOS PARQUES DEL OESTE (PO), EMPERATRIZ MARÍA DE AUSTRIA (PEMA) Y GARRIGUES WALKER (PGW) DE LA CIUDAD DE MADRID”

Periodo 2009-2014

Financiación

- 2009-2013:
 - Concurso adjudicación IMESAPI (mejora ofertada)
 - Auspicio: Servicio de Conservación de Zonas Verdes (Ayto. Madrid)
 - PO, PEMA; posteriormente PGW.
- 2014-.....?:
 - Acuerdo con UTE 5 y UTE 6 (auspicio: Servicio de Conservación de Zonas Verdes, Ayto. Madrid): PEMA y PGW
- Equipo de trabajo:
 - Dra. Silvia Martinez Perez (UAH)
 - Dr. Ramón Bienes Allas (IMIDRA)
 - Dña. Loreto Martinez de Baroja Jabalón (UAH)
 - Coordinador: Dr. Antonio Sastre Merlín (UAH)



AGUA DE RIEGO

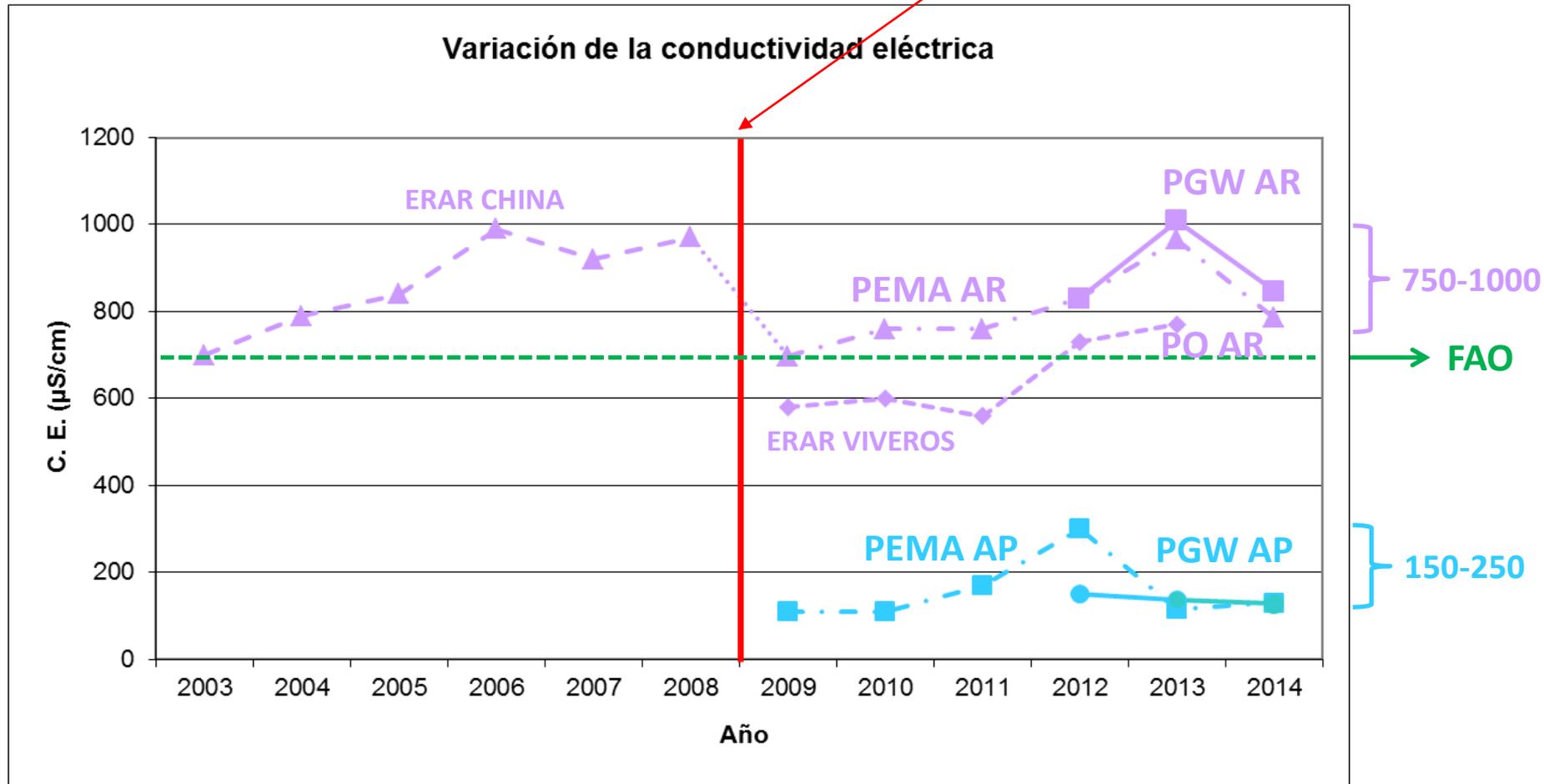
(AP y AR)



JORNADA TÉCNICA SOBRE LA ESTABILIDAD DEL ARBOLADO URBANA



Evolución conductividad eléctrica (CE) del agua de riego



AR (750-1000 µS/cm) más mineralizada que AP (150-250 µS/cm)

Calidad agronómica **admisible**
(FAO: "problema creciente" si CE > 700 µS/cm: prácticas de riego "ad hoc")

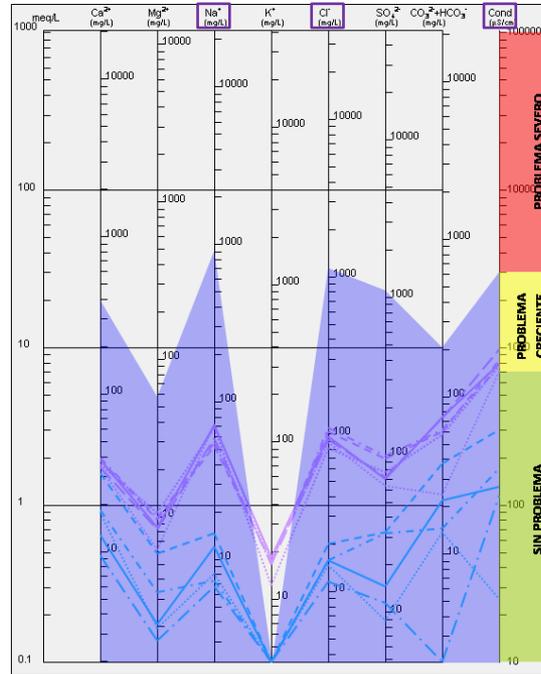
Aguas de riego de los parques de Madrid: rango de calidad.

- Agua potable (8 muestras)
- Agua regenerada (14 muestras)
- Aptitud del agua para riego

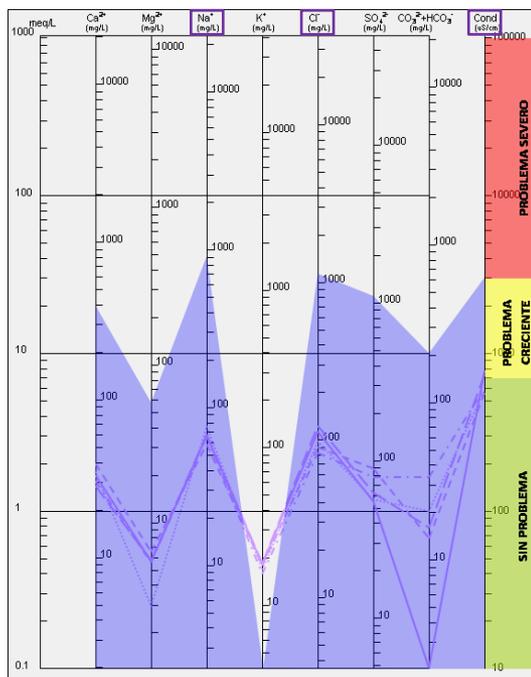
- NO_3^- : AR 22 mg/l; AP 2,5 mg/l (FAO (1976) < 5)
- K^+ : AR 17 mg/l; AP 1,1 mg/l (Balairón (2002) < 2)
- Incidencia en las prácticas de fertilización*
- $[\text{Cl}^-]$, $[\text{Na}^+]$ y CE > $[\text{Cl}^-]$, $[\text{Na}^+]$ y CE
[90], [60] (≈900) [15], [6-8] (≈200)



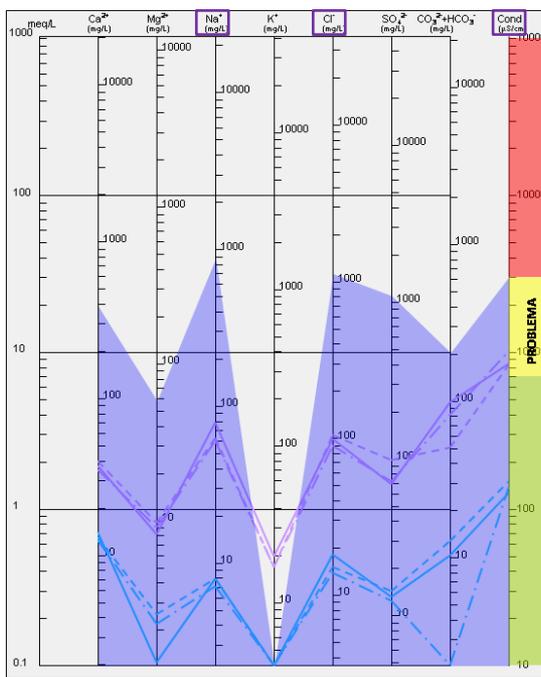
Parque Emperatriz María de Austria (PEMA)



Parque del Oeste (PO)

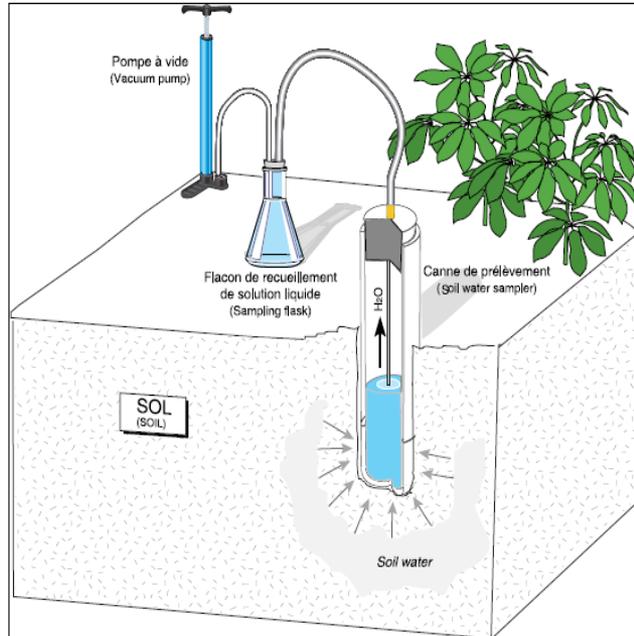
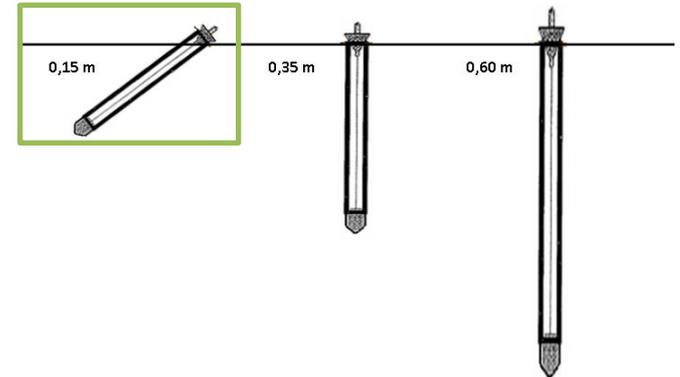


Parque Garrigues Walker (PGW)



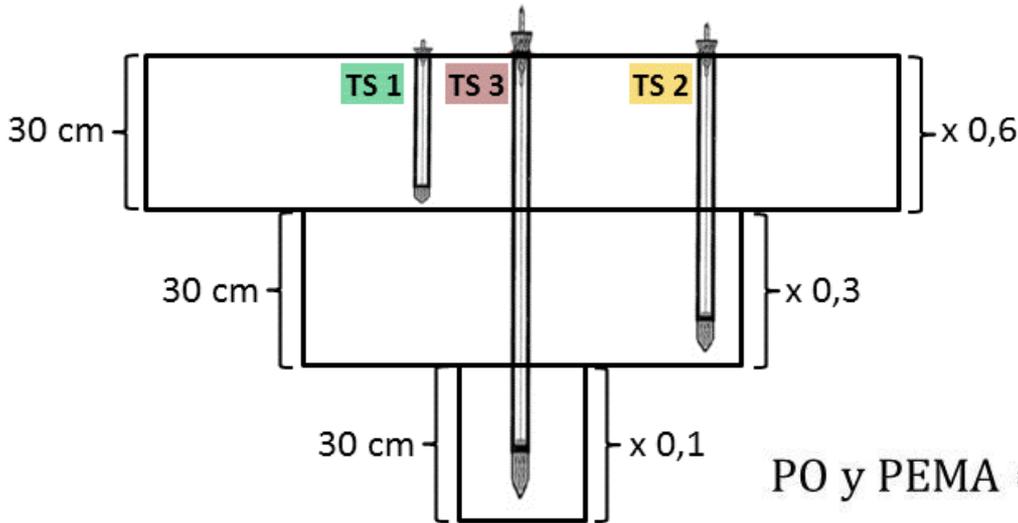
AGUA DEL SUELO

- Mediante tomamuestras de succión
- Variación observada 2009-2013:
 - Conductividad eléctrica
 - Sodio Na^+
 - Cloruro Cl^-



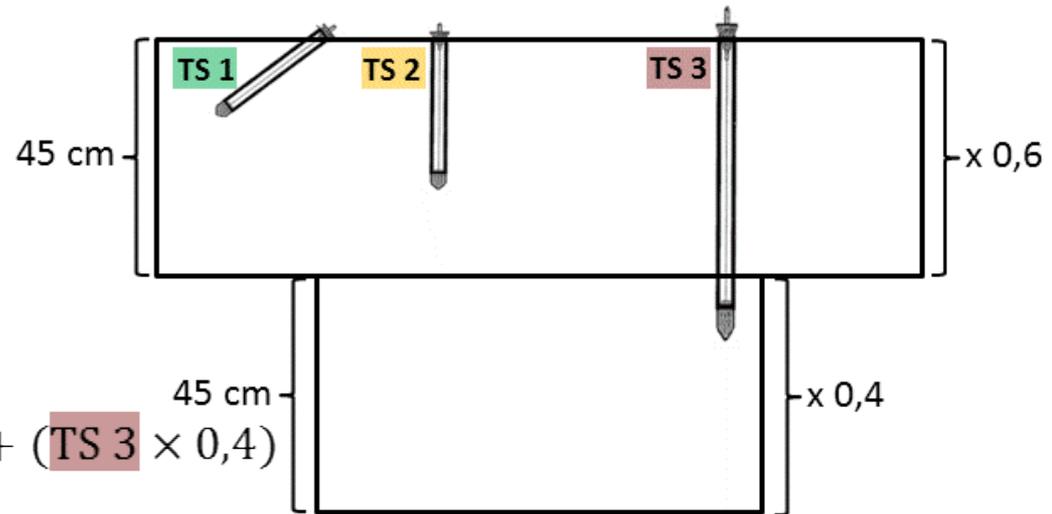
Media ponderada

TS: Tomamuestras de succión.



Modificado de Urbano 1992

$$PO \text{ y PEMA} = \text{TS 1} \times 0,6 + \text{TS 2} \times 0,3 + \text{TS 3} \times 0,1$$

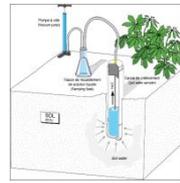


Modificado de Urbano 1992

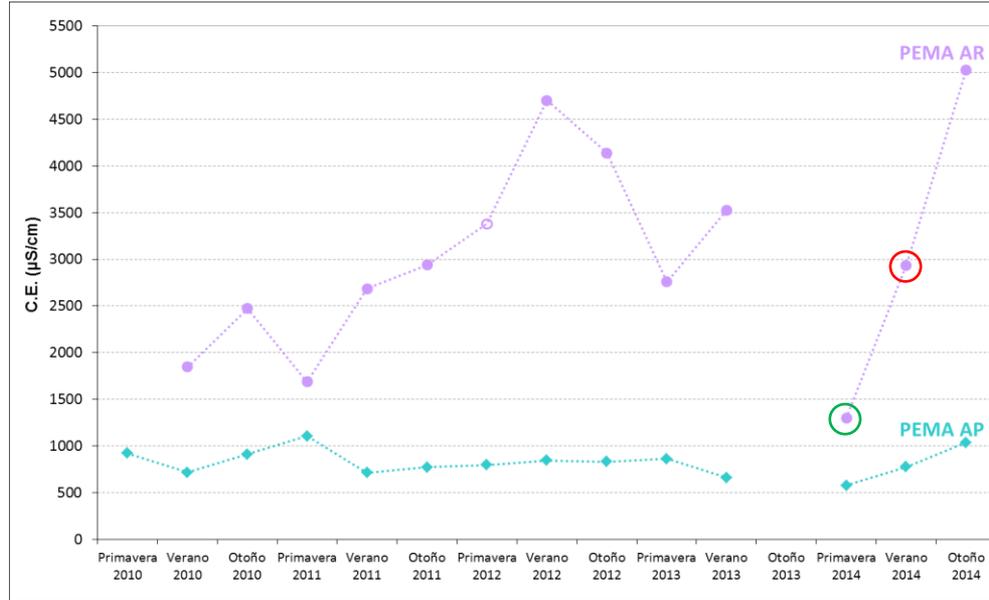
$$PGW = \left(\frac{\text{TS 1} \times 25 + \text{TS 2} \times 20}{45} \right) \times 0,6 + (\text{TS 3} \times 0,4)$$

Variación de la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Parque Emperatriz María de Austria (PEMA)

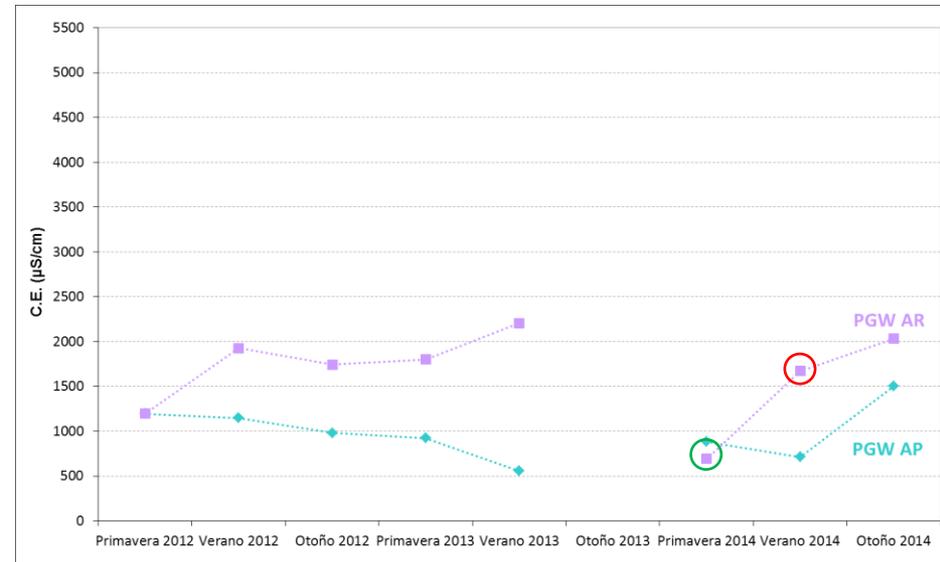
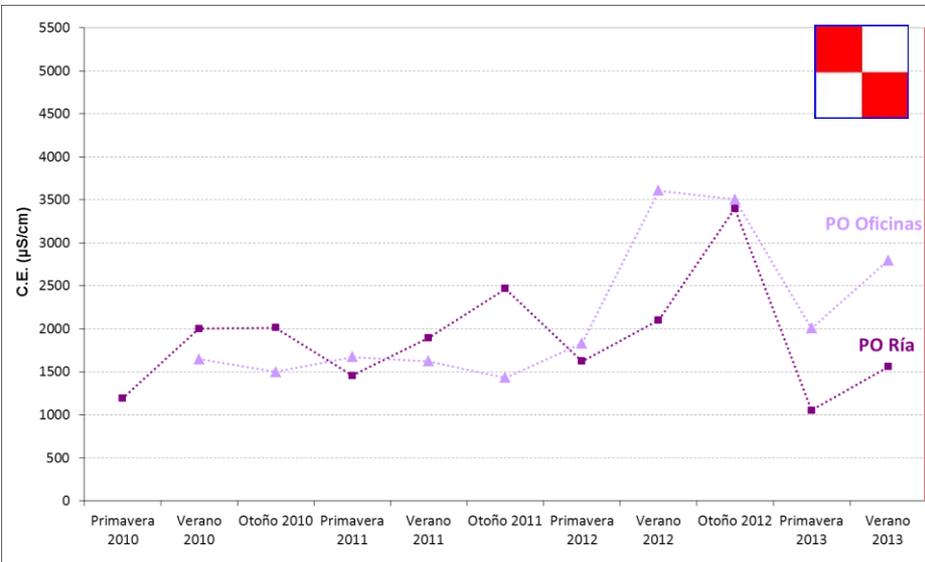


Agua del suelo



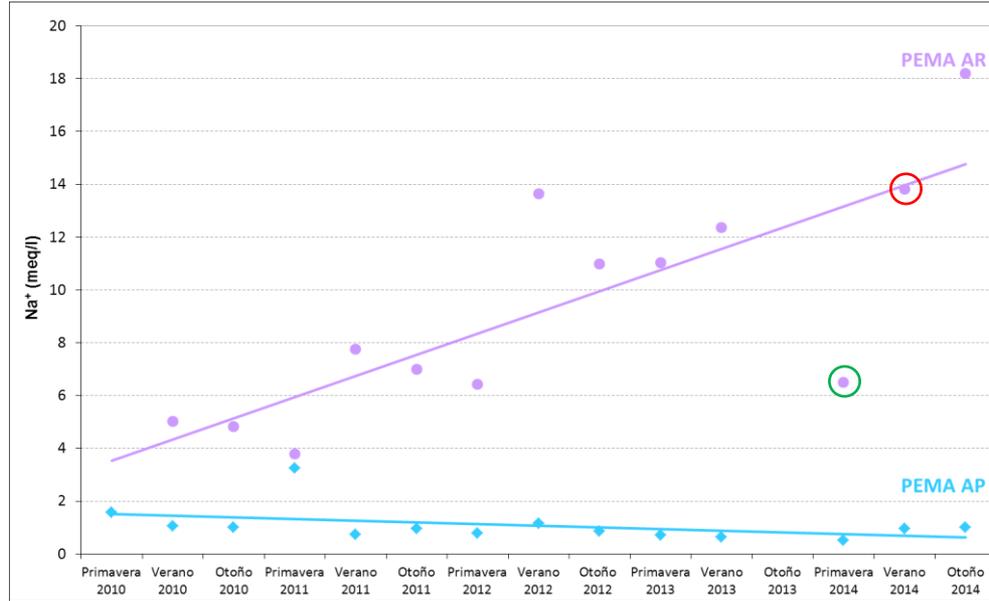
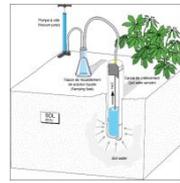
Parque del Oeste (PO)

Parque Garrigues Walker (PGW)



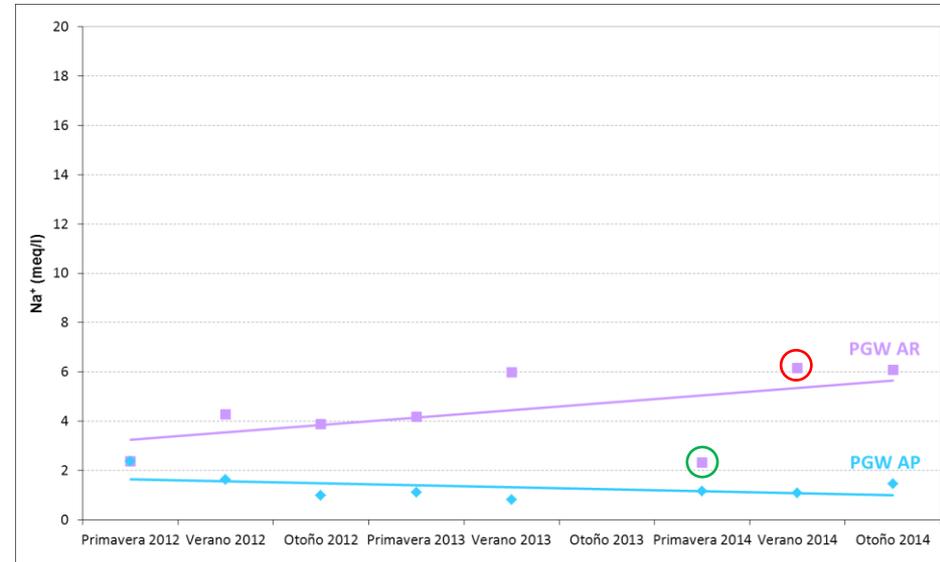
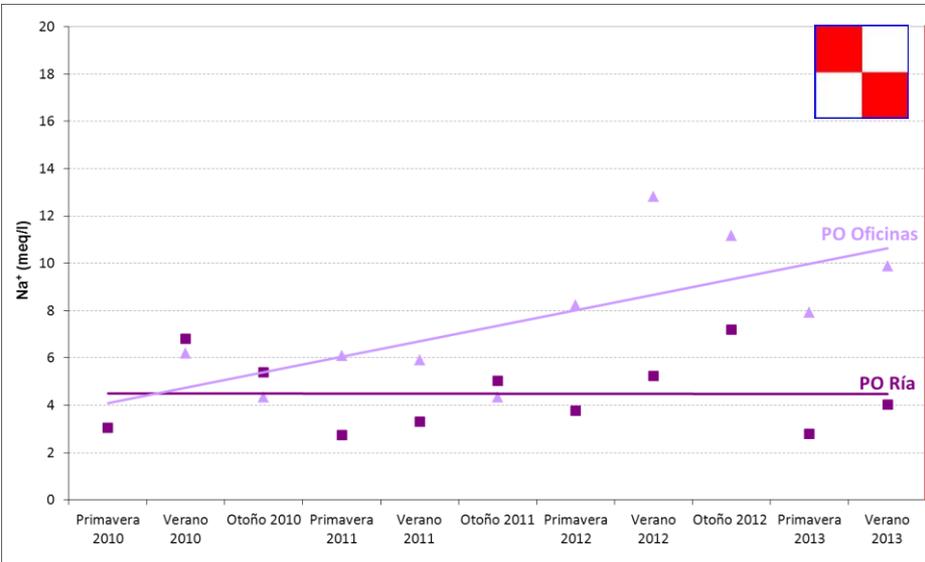
Variación de la concentración de Sodio (meq/l)

Parque Emperatriz María de Austria (PEMA)



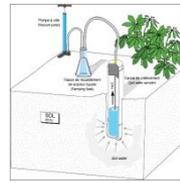
Parque del Oeste (PO)

Parque Garrigues Walker (PGW)

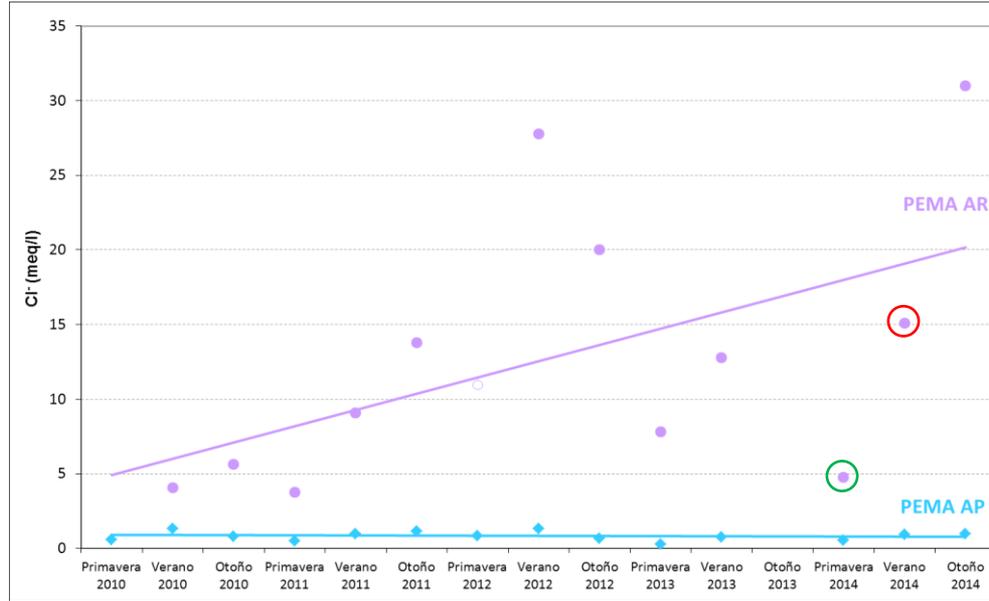


Variación de la concentración de Cloruro (meq/l)

Parque Emperatriz María de Austria (PEMA)

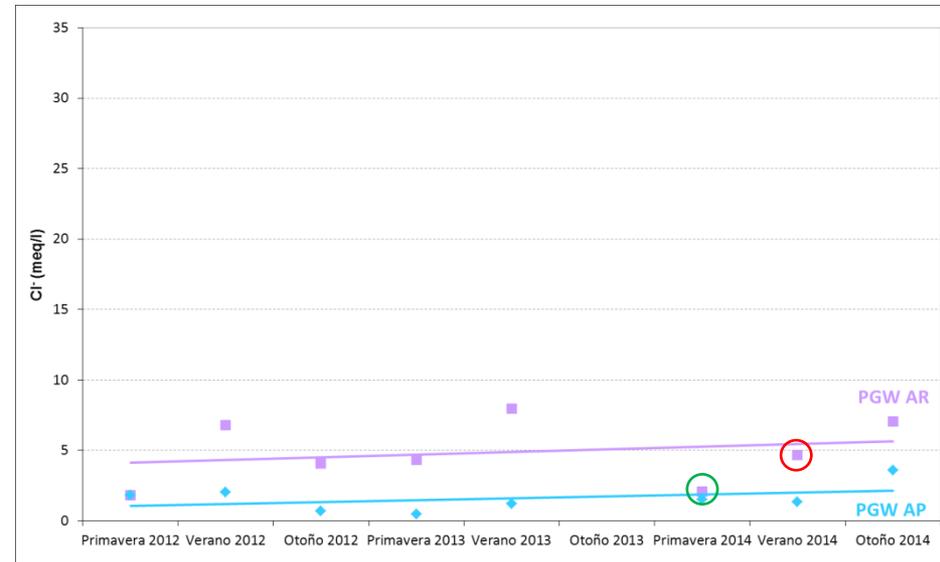
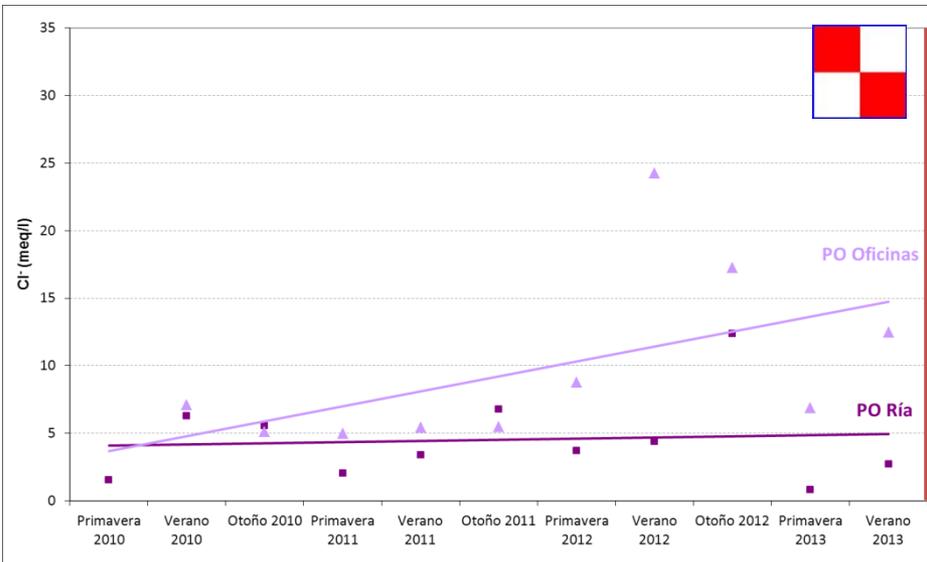


Agua del suelo



Parque del Oeste (PO)

Parque Garrigues Walker (PGW)

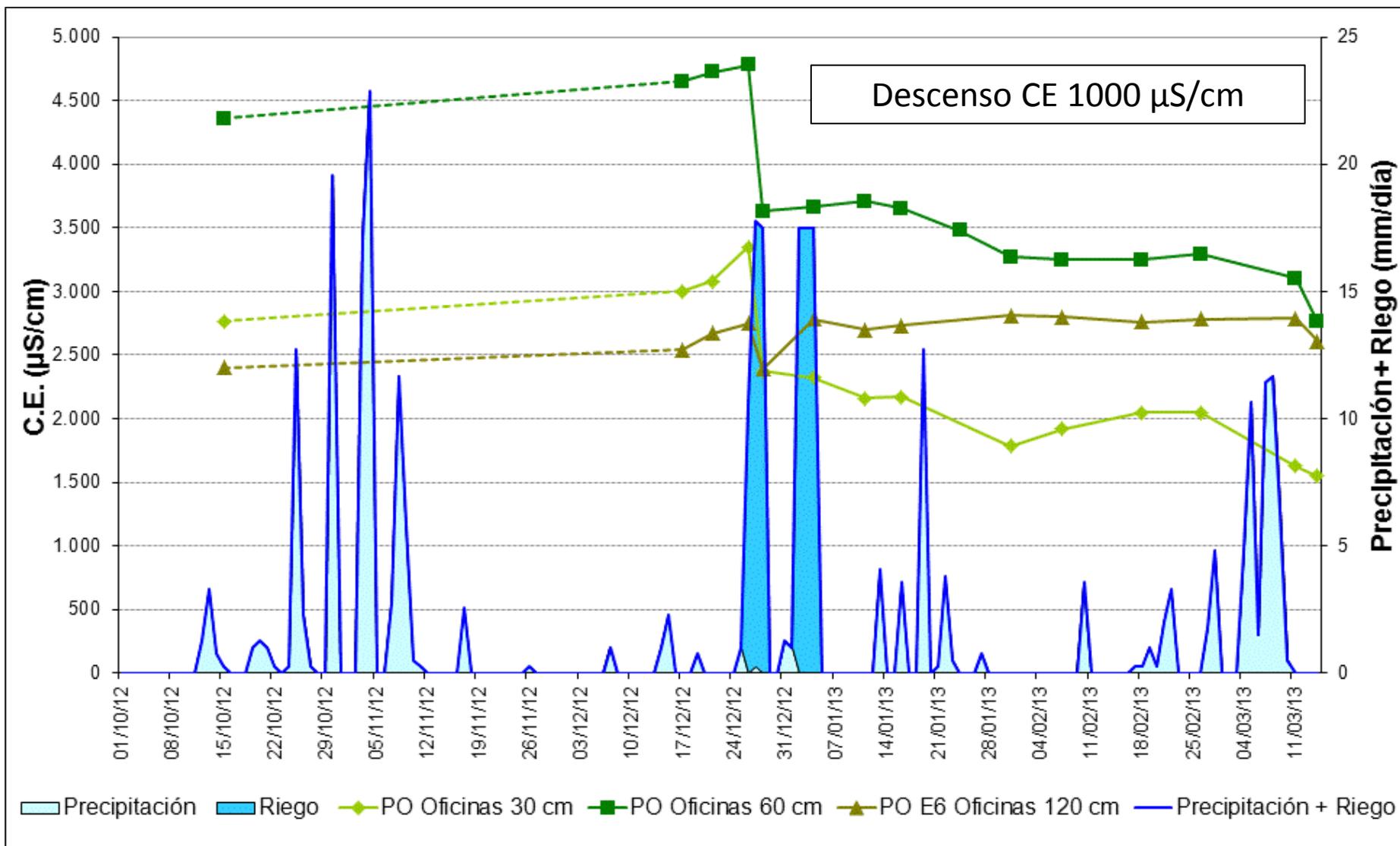


Experiencia de lavado intensivo con agua potable

- Parque del Oeste
- Dotación total: 130 mm (6 Riegos)
- Seguimiento 17/12/2012 – 15/03/2013
- Metodología:
 - Riego intensivo
 - Muestreo periódico del agua del suelo (cada 5-7 días), **durante** y **tras** el riego, en PO Ría y PO Oficinas
 - Parámetros medidos: **Conductividad eléctrica** y pH



Influencia del riego de lavado con AP sobre la CE del agua del suelo (PO Oficinas)

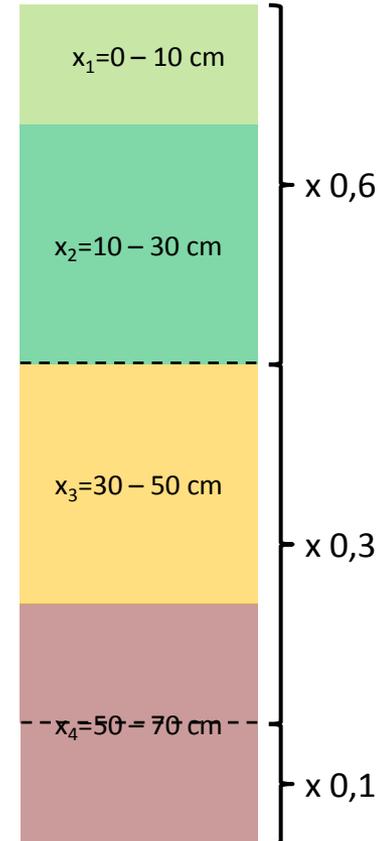


SUELO

- 2 muestreos/año: primavera y otoño.
- Similar profundidad que tomamuestras de succión.
- Variación observada 2010-2014:
 - CE pasta saturada vs CE agua del suelo
 - Relación $(Na+K)/(Ca+Mg)$

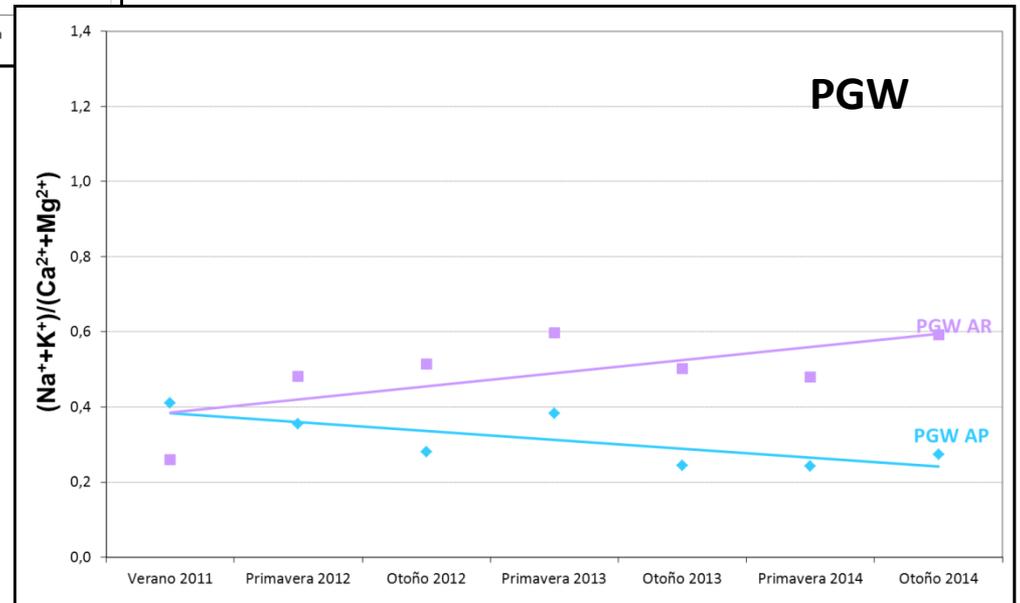
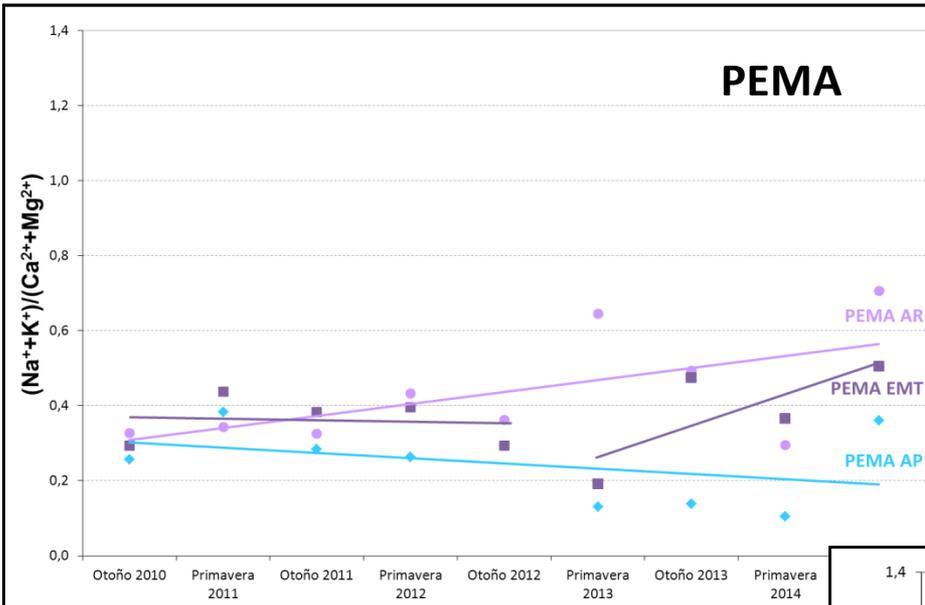


Esquema
muestras

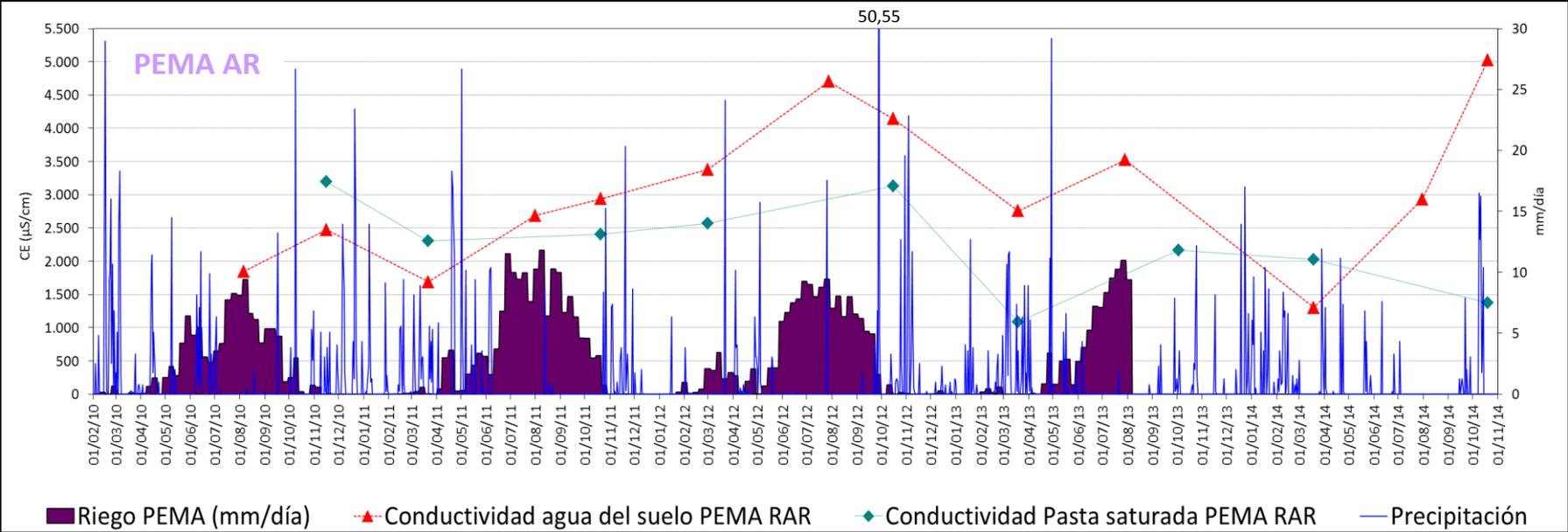
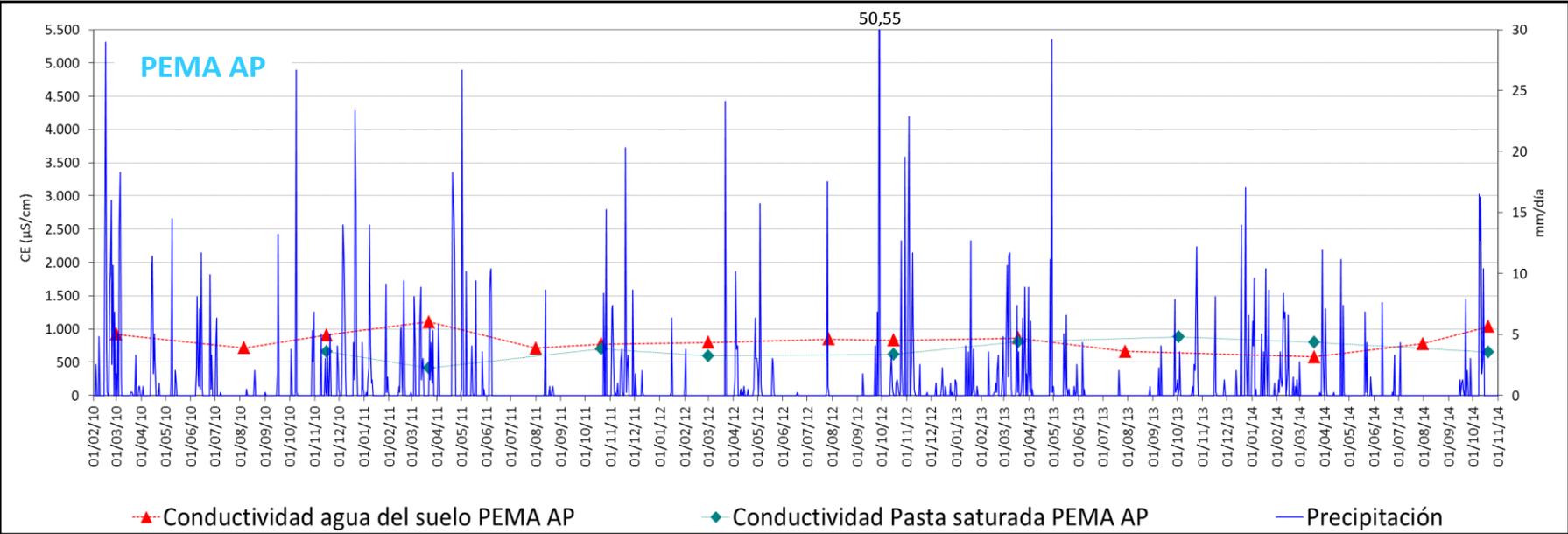


$$\text{Media ponderada} = \frac{x_1 \times 10 + x_2 \times 20}{30} \times 0,6 + \frac{x_3 \times 20 + x_4 \times 10}{30} \times 0,3 + \frac{x_4 \times 10}{10} \times 0,1$$

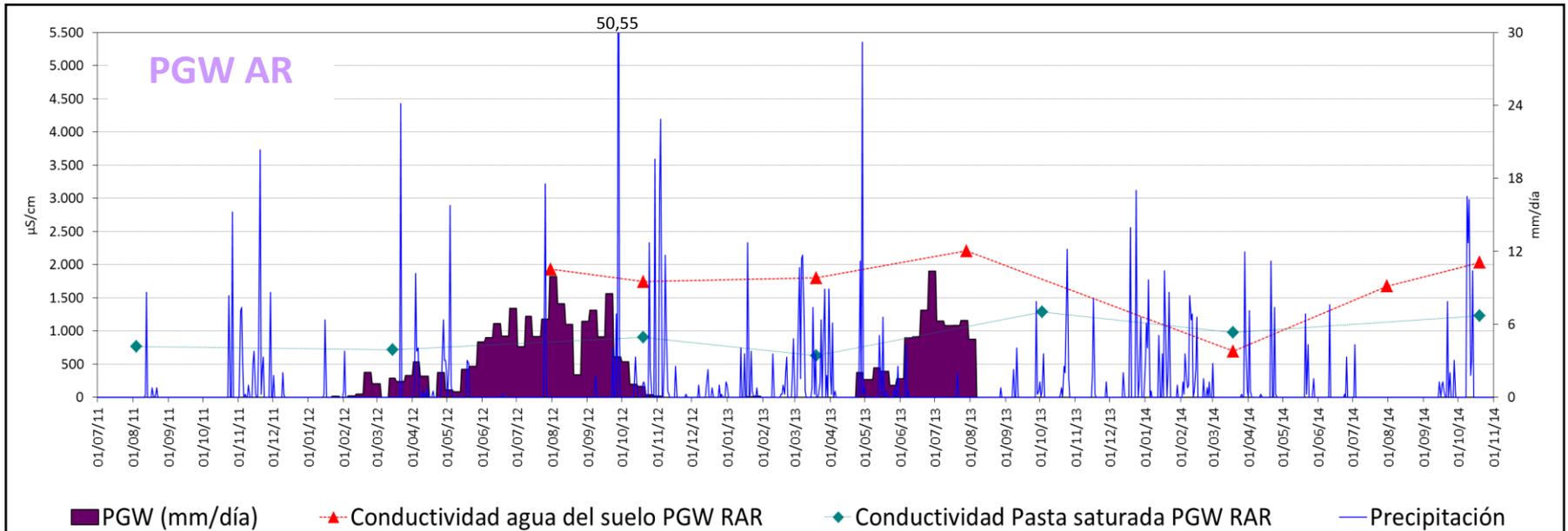
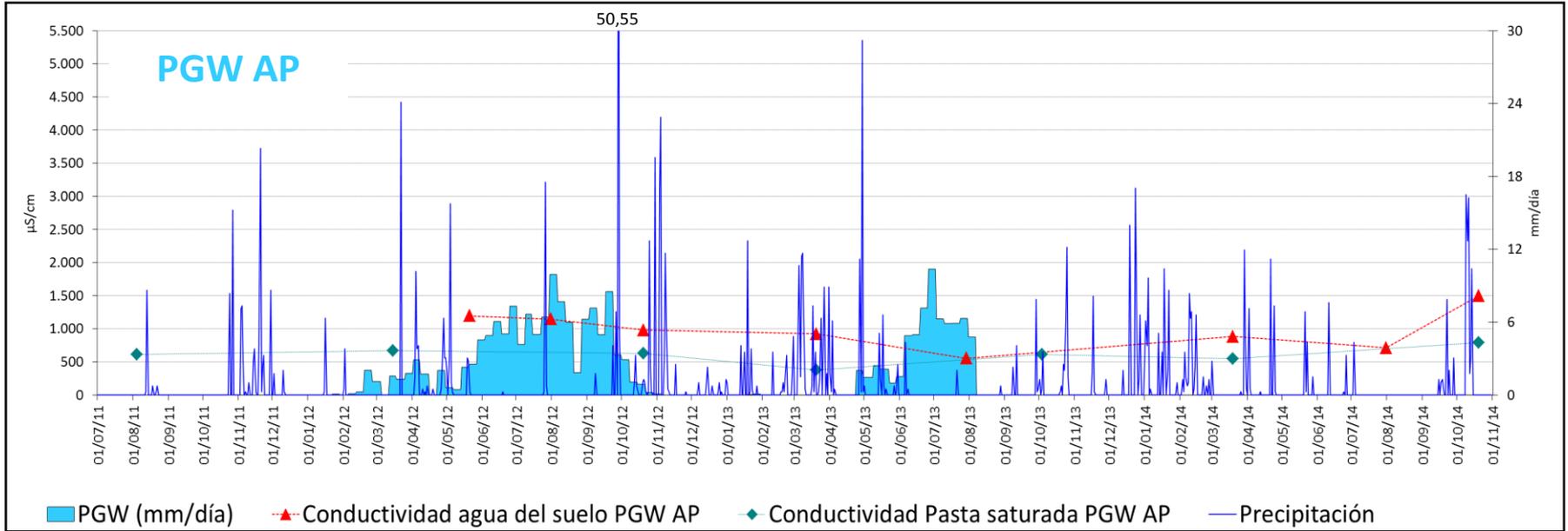
Relación $(Na^+ + K^+) / (Ca^{2+} + Mg^{2+})$



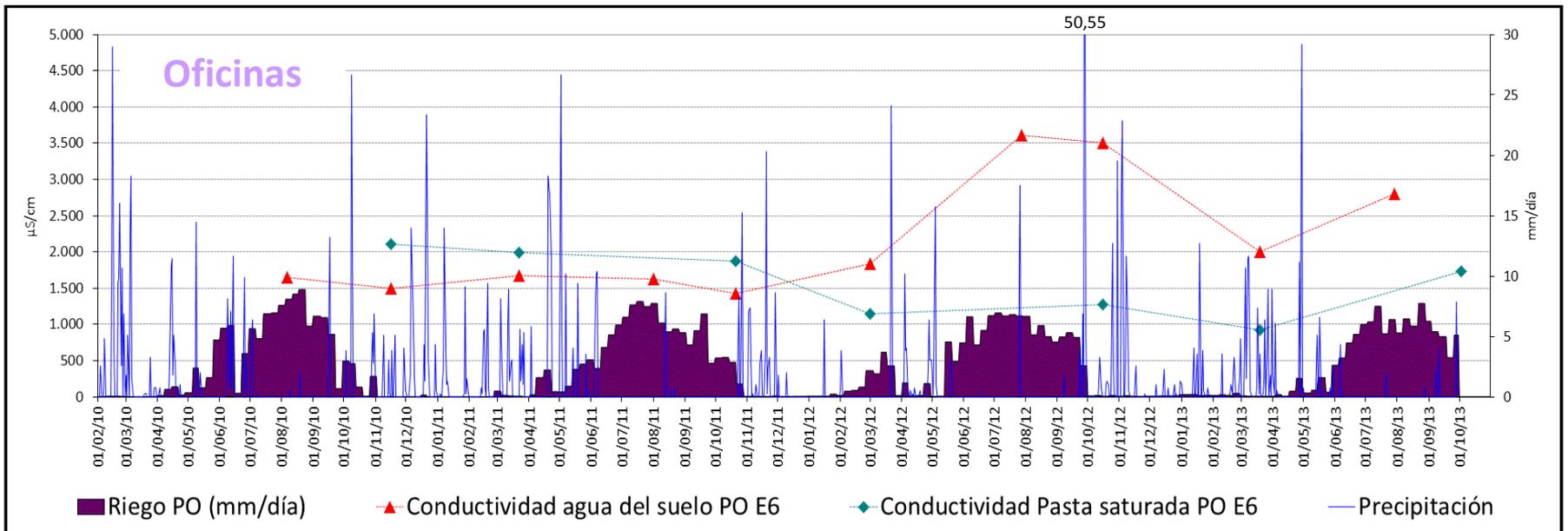
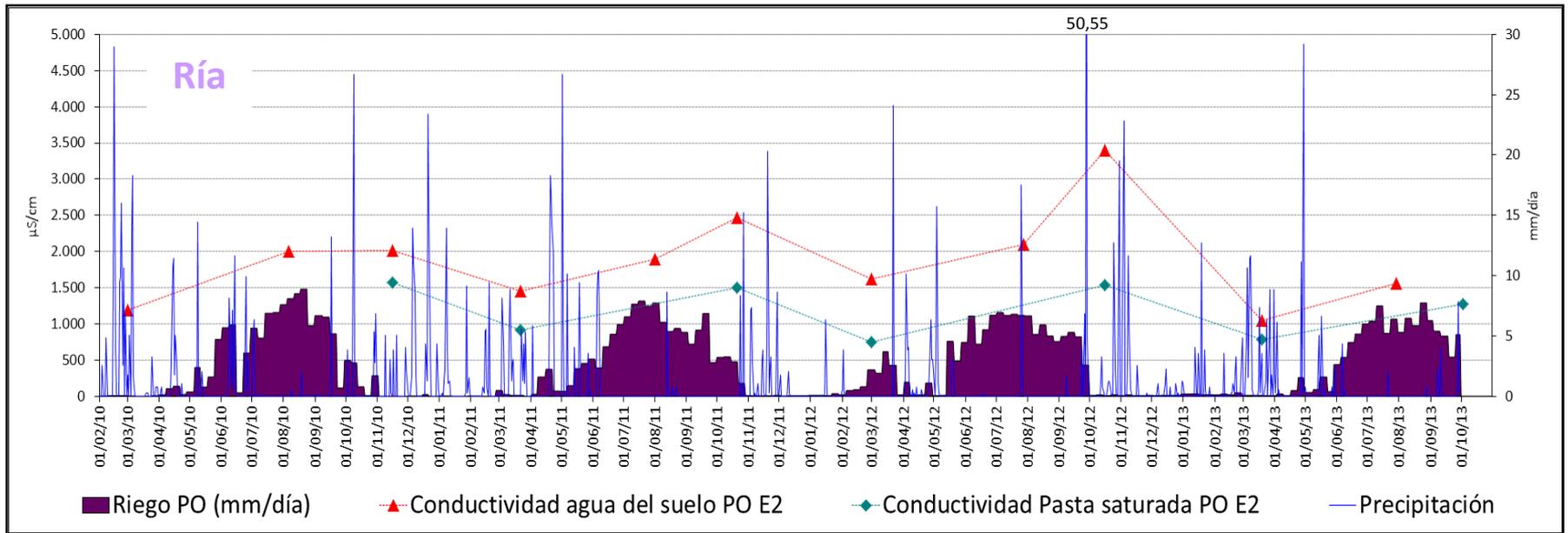
Conductividad eléctrica agua del suelo y pasta saturada PEMA (AP y AR)



Conductividad eléctrica agua del suelo y pasta saturada PGW (AP y AR)



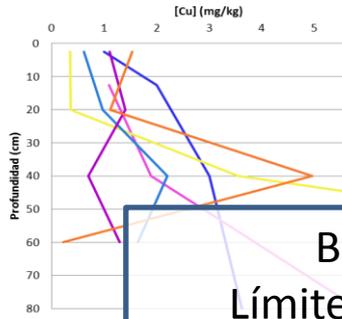
Conductividad eléctrica agua del suelo y pasta saturada PO (Ría y Oficinas)



Metales en suelo

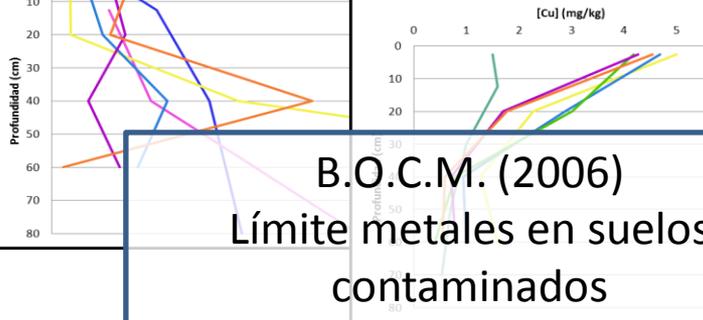
Evolución del Cobre en el suelo

AR (PEMA)



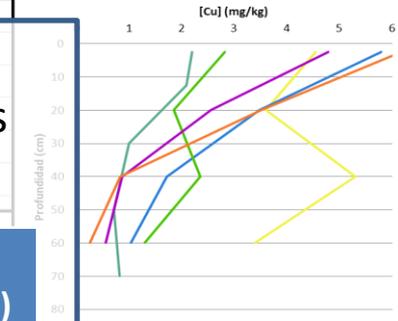
Evolución del Cobre en el suelo

AP (PGW)



Evolución del Cobre en el suelo

AR (PGW)

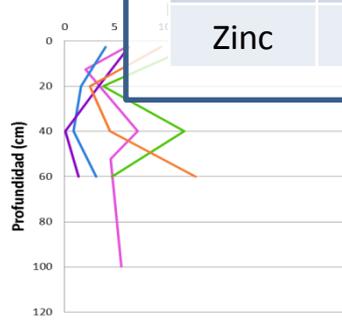


B.O.C.M. (2006)
Límite metales en suelos
contaminados

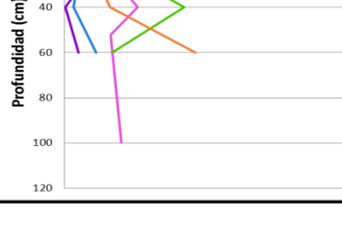
Metal	Uso urbano (mg/kg)	VR 90 (mg/kg)
Cobre	80	20
Zinc	1170	73

Evolución de

AR

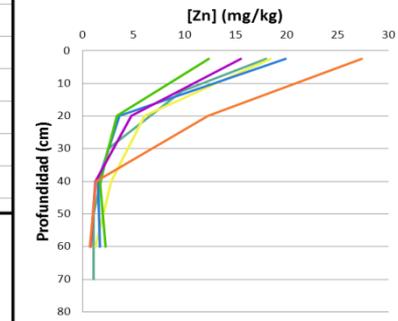


Evolución del



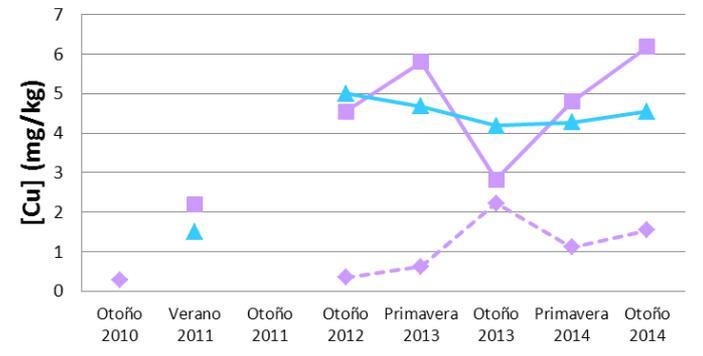
Evolución del Zinc en el suelo

AR (PGW)

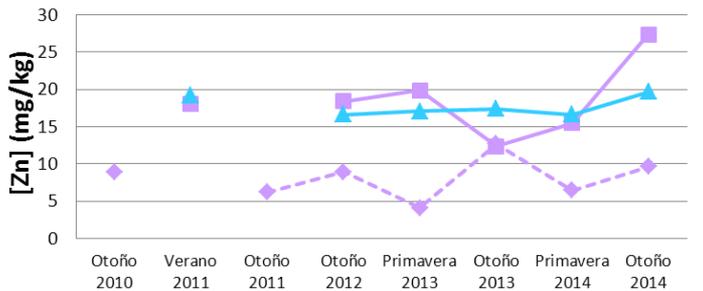


--- AR PEMA — AR PGW — AP PGW

0-5 cm



0-5 cm



VEGETACIÓN

Determinación en muestras foliares de:

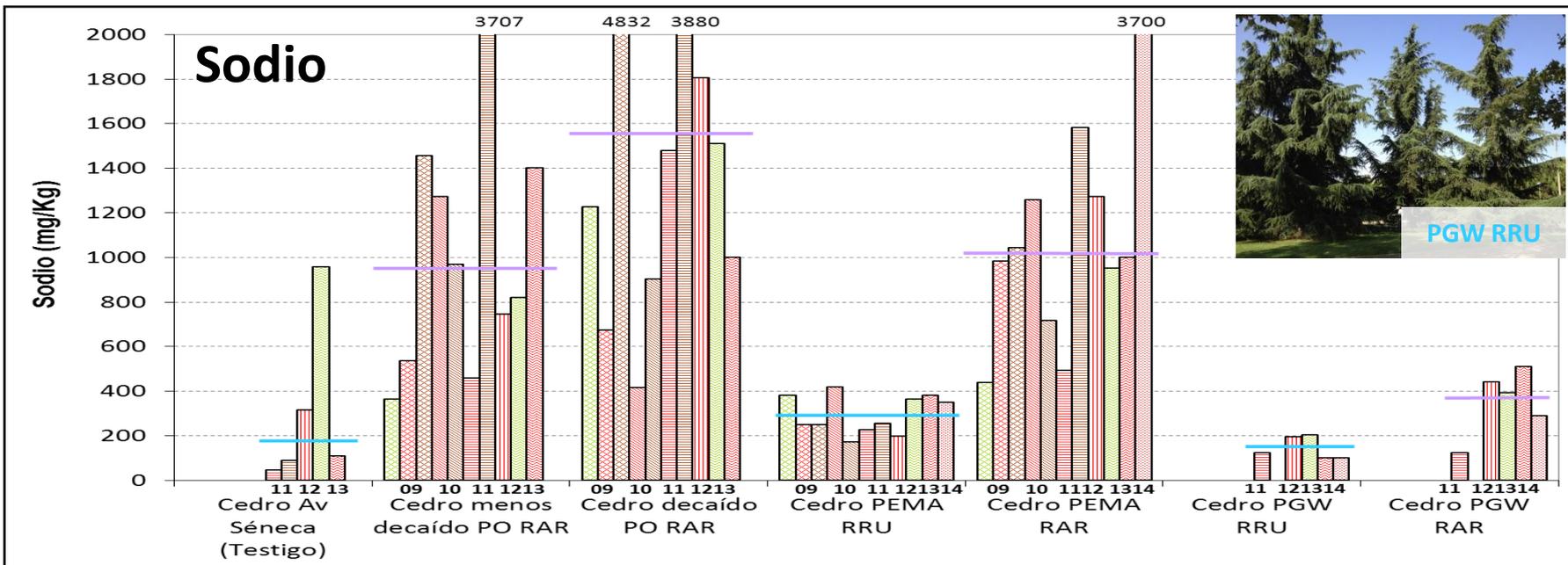
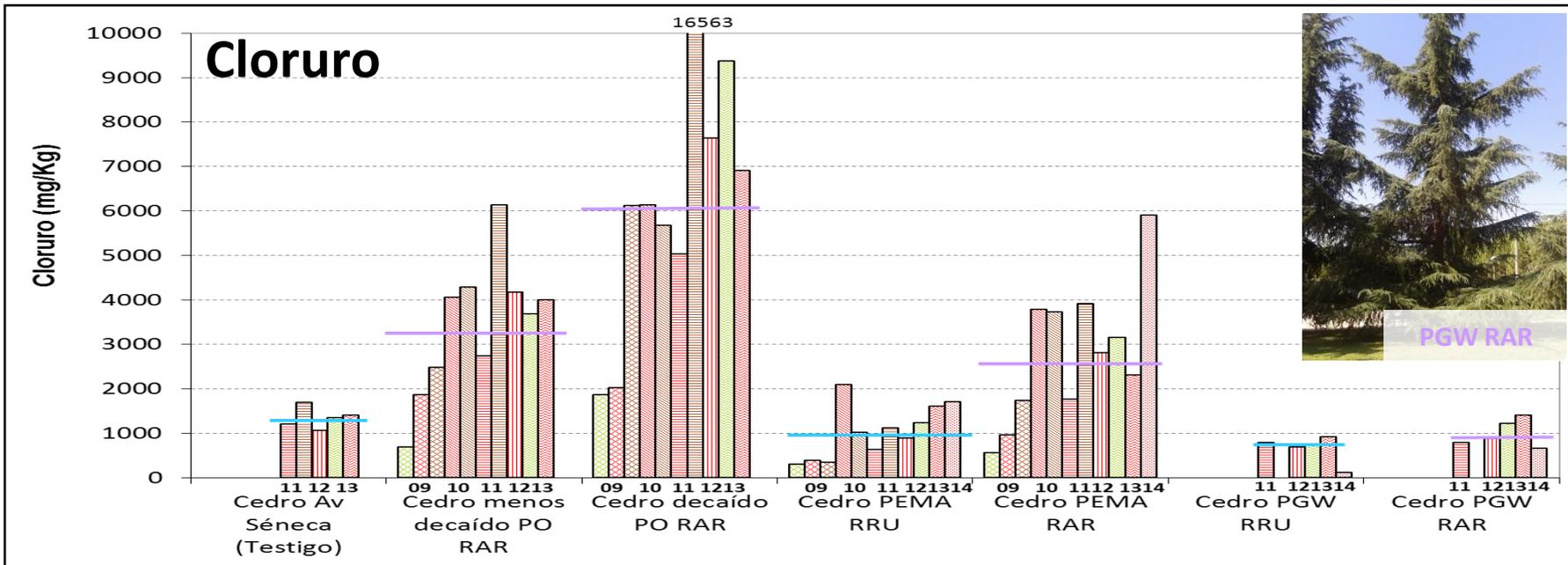
- Macronutrientes (N, P, K, C, Mg)
- Micronutrientes (**Cl**, **Na**, B, Cu, Fe, Zn, Mn)

Especies estudiadas:

- Cedro
- Almez
- Fotinia
- Lilo
- Espirea
- Lauro

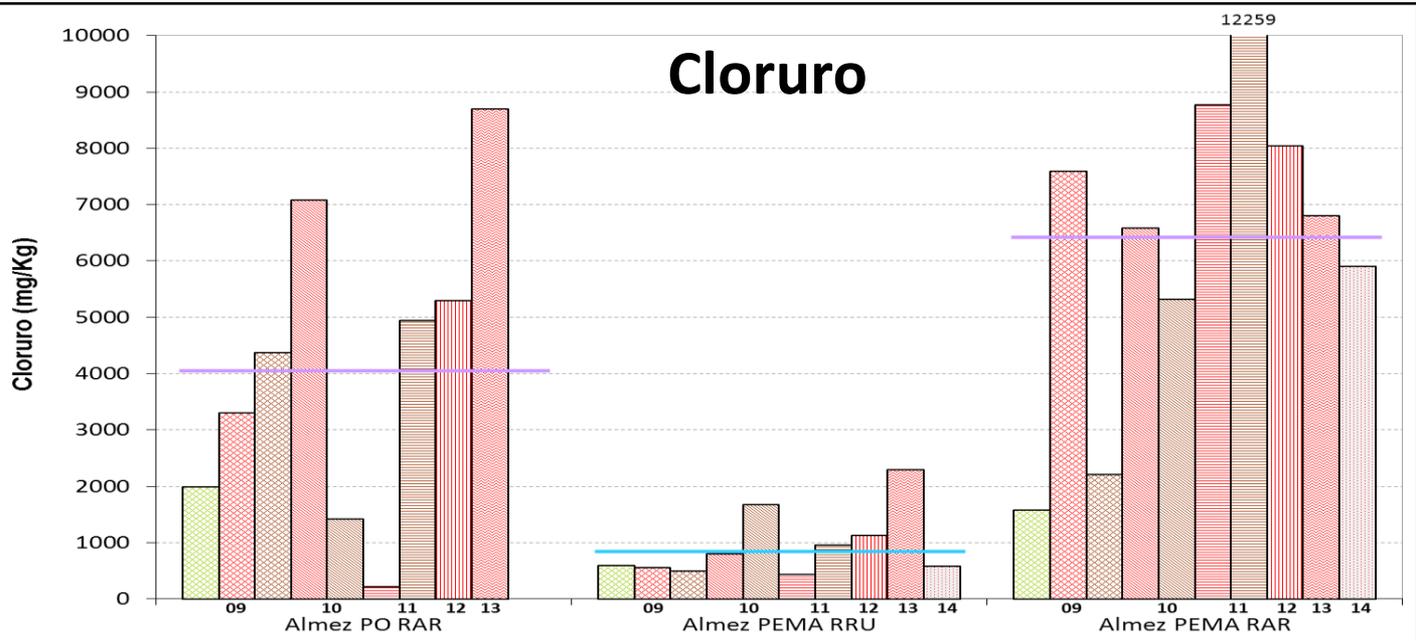


Contenido foliar de Cl y Na en cedros (PO, PEMA y PGW)

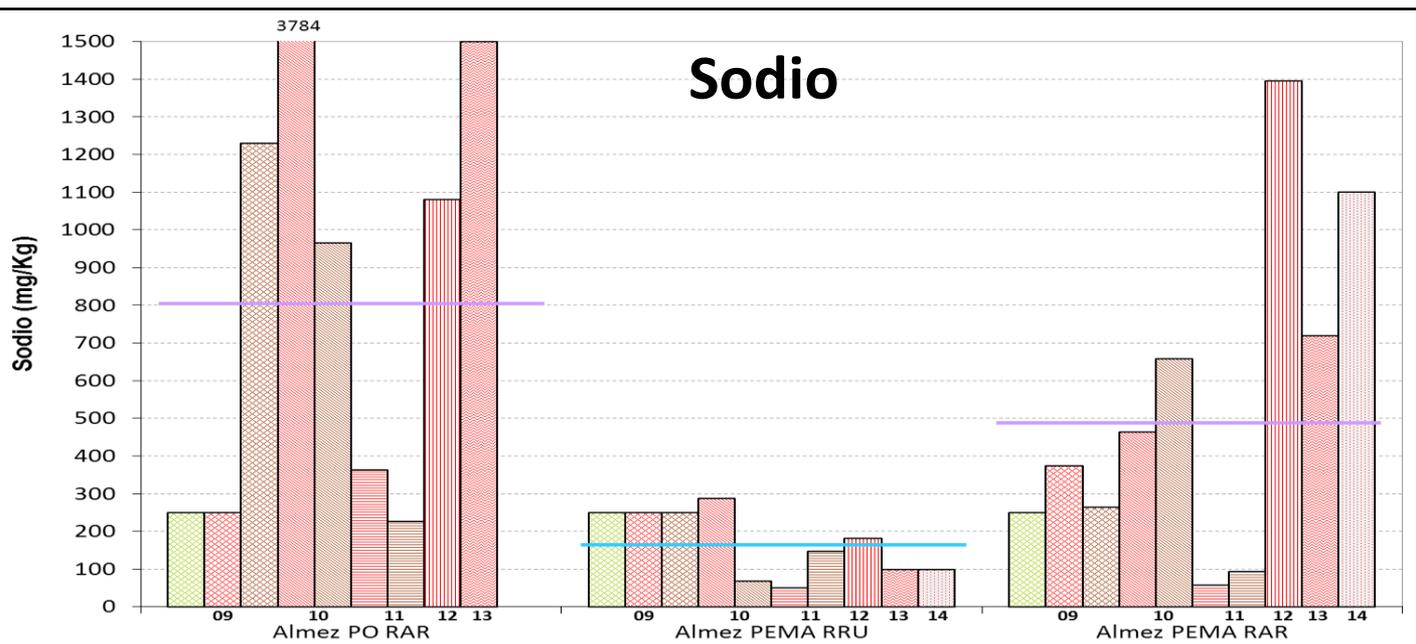


Contenido foliar de Cl y Na en almez (PO y PEMA)

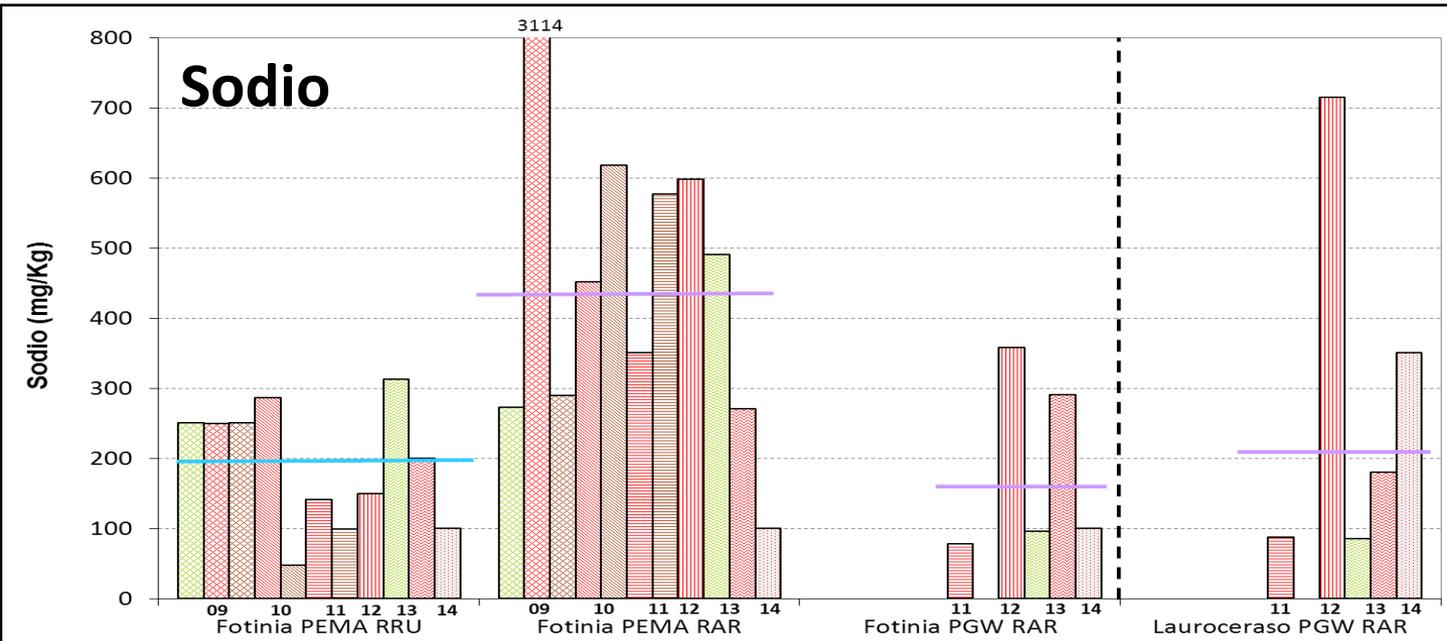
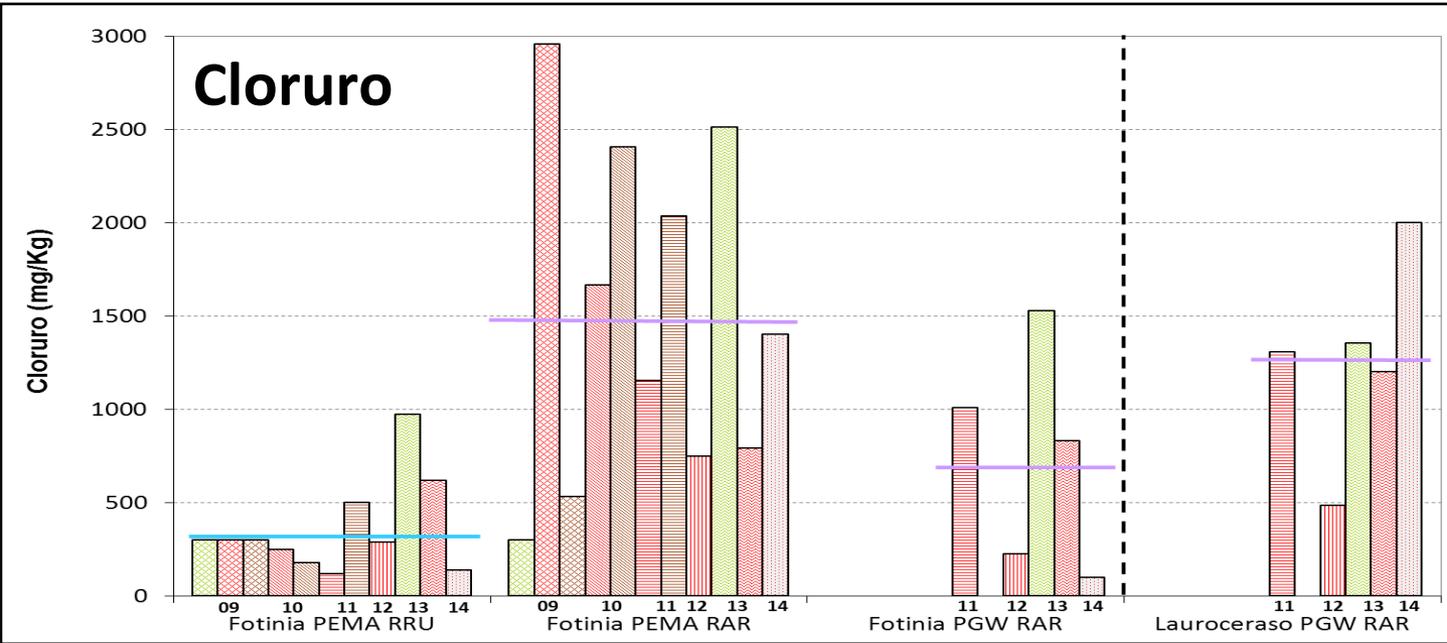
Cloruro



Sodio



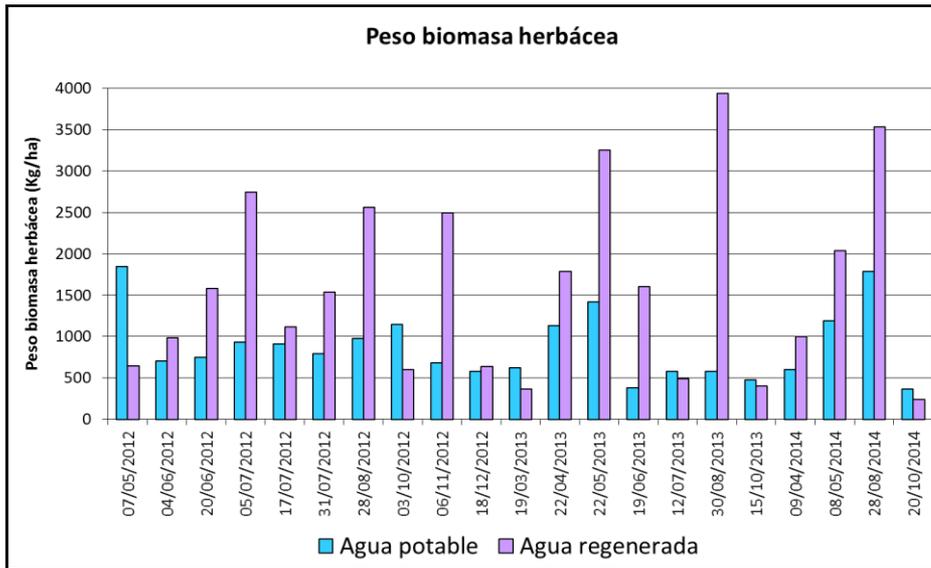
Contenido foliar de Cl y Na en fotinia (PEMA y PGW)



Producción de biomasa y balance de nutrientes (Parque Garrigues Walker)



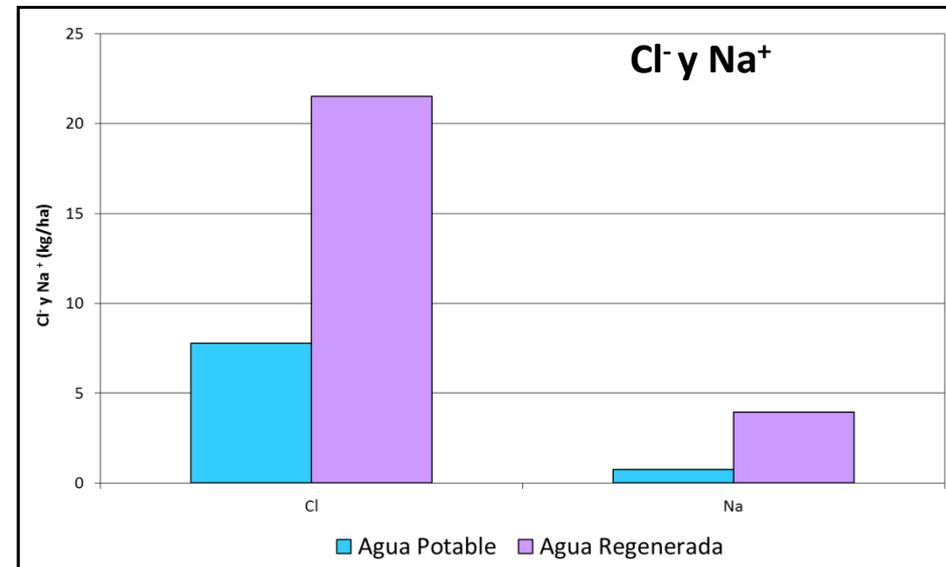
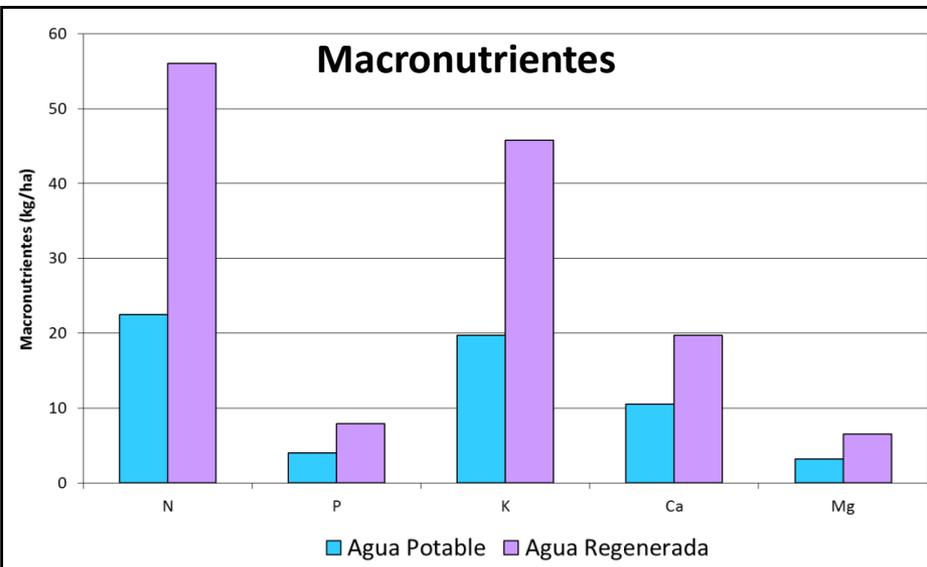
Producción de biomasa herbácea (Kg/ha)



➤ Mayor producción en pradera **AR**

➤ Mayor contenido de macronutrientes, Cl⁻ y Na⁺ en pradera **AR**

Extracción media (Kg/ha) (21 muestreos)



Balance anual de nutrientes en las parcelas PGW AP y PGW AR



		N total (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)	Na (kg/ha)	Cl (kg/ha)	Fe (kg/ha)
Parcela AP	Aporte	26,71	13,30	110,88	21,84	69,80	126,00	2,18
	Extracción	115,79	94,50	53,60	15,52	3,99	37,57	7,56
	Balance	-89,08	-81,20	57,28	6,32	65,81	88,42	-5,37
Parcela AR	Aporte	518,28	140,28	341,04	83,08	543,48	882,00	1,93
	Extracción	287,42	212,46	77,83	24,73	16,49	94,50	4,51
	Balance	230,86	-72,18	263,21	58,35	527,00	787,50	-2,58
Relación balance AR / AP		3	1	5	9	8	9	1

➤ Mayor aporte y extracción en AR (excepto Fe)

➤ Balance negativo: déficit a corregir

➤ Balance netamente positivo: liberación de sodio y cloruros

- extracción cuádruple de Na⁺ y triple de Cl⁻ en PGW AR

➤ Incorporación de Na⁺ al complejo de cambio:

- ¿alcalinización?

CONCLUSIONES

Tras **seis ciclos** en PEMA, **cinco** en PO y **tres** en PGW:

➤ Agua regenerada de riego:



- 4 veces más CE que AP
- Mayor $[\text{Cl}^-]$ y $[\text{Na}^+]$ que AP
- Mayor $[\text{NO}_3^-]$ y $[\text{K}^+]$

➤ Agua del suelo:

- 3-4 veces más CE en parcelas AR (3000-3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que en parcelas AP (900 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
 - Mayor $[\text{Cl}^-]$ y $[\text{Na}^+]$ en parcelas AR frente a las AP
 - Rápida respuesta al permutar AP por AR (PGW)
 - Cantidad y continuidad de la precipitación: incidencia destacable en el contenido salino
- Notable incremento de CE en episodios secos (otoño 2011/primavera 2012)
 - Apreciable descenso de CE en episodios húmedos (otoño 2012/primavera 2013) (primavera 2014)

CONCLUSIONES

➤ Suelo (pasta saturada):

- 2-3 veces más CE en suelos de las parcelas **AR** que en las **AP**



tendencia: salinización

- Incremento de la relación $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ en parcelas **AR** (**sesgo creciente**)



tendencia: alcalinización

➤ Vegetación:

- **Cedros**: hasta 6 veces más Cl^- y Na^+ en rodales **AR** que en rodales **AP**



Decaimiento en los cedros

$\text{Cl}^- > 2000$ mg/Kg, $\text{Na}^+ > 600$ mg/Kg en hoja

- **Almeces**: Rodales **AR** 4-6 veces mas Cl^- y 2-4 veces mas Na^+ que rodales **AP**
- **Fotinia**: Rodales **AR** hasta 5 veces mas Cl^- y 3 veces más de Na^+ que rodales **AP**
 - **No se han observado síntomas de decaimiento** en los ejemplares de fotinia y almez

¿Cuestiones?



JORNADA TÉCNICA SOBRE LA ESTABILIDAD DEL ARBOLADO URBANO