Interreg Sudoe ecoval
European Regional Development Fund

EUROPEAN UNION

PATRIMONIO NATURAL DE CASTILLA Y LEÓN

Junta de Castilla y León

ecoval

JORNADA DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:

VALORIZACIÓN DE LODOS Y BIOESTABILIZADO PROYECTO ECOVAL

Viernes 17 de febrero de 2023

ESTUDIO DE ANALISIS DE RECUPERACION DE SUELOS MEDIANTE APLICACIÓN DE SUBPRODUCTO DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGANICOS URBANOS Y LODOS COMO ENMIENDA EN EL MARCO DEL PROYECTO INTERREG SUDOE ECOVAL (SOE4/P1/E1104)

Ponente: Joaquín Cámara Gajate

ANALISIS DE RECUPERACION DE SUELOS MEDIANTE APLICACIÓN DE SUBPRODUCTO DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGANICOS URBANOS Y LODOS COMO ENMIENDA

- **Introducción**
- **Metodología y desarrollo del estudio**
- **Resultados (I): Los suelos**
  - Propiedades básicas: pH, CE, MO, C_{total}, $CaCO_3$ equiv.
  - Macronutrientes: N_{total}, N_{NO3}, N_{NH4}, P, K, Ca, Mg
  - Propiedades físicas: Textura USDA, Hcc, Hpm
  - Microelementos EDTA: Fe, Cu, Mn, Zn, Mo
  - Complejo de cambio: CIC, K, Ca, Mg, Na
  - Metales pesados: Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Cr, Fe
- **Resultados (II): Análisis foliares de los chopos**
  - Nutrientes: C_{total}, N_{total}, P, K, Ca, Mg
  - Micronutrientes: Fe, Zn, Cu, Mn, B, Na, Mo
- **Conclusiones**

1. INTRODUCCIÓN

Proyecto INTERREG ECOVAL

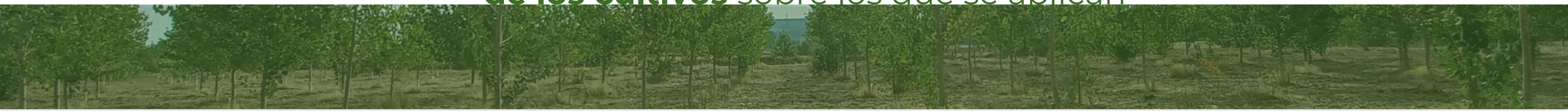
- **Nuevo enfoque** en la gestion de residuos orgánico urbanos con **menor impacto ambiental**
- Impulsando la **economía circular** y promoviendo el **modelo de bio-factoría**
- Obtención de **productos de alto valor** a partir de lodos de depuradora y biorresiduos orgánicos

EDAR Hidrólisis térmica (S1)

CTR bioestabilizado (S2)

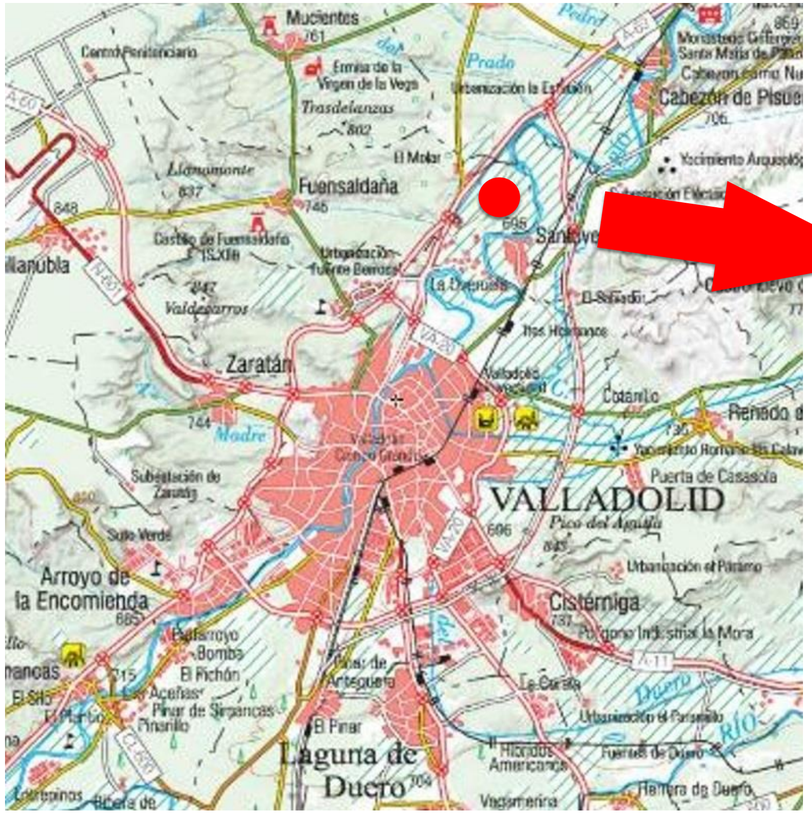
EDAR Tradicional (S3)

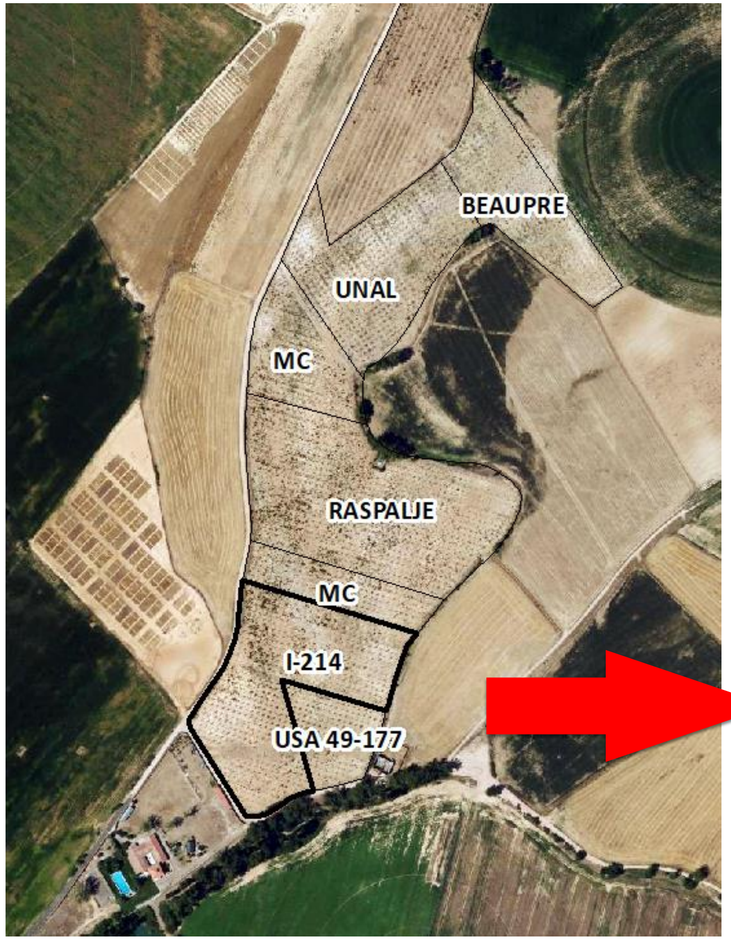
El **objetivo** concreto de este estudio es el análisis de los **efectos de la aplicación** de estos tres residuos en los **suelos agrícolas** y en el **desarrollo de los cultivos** sobre los que se aplican



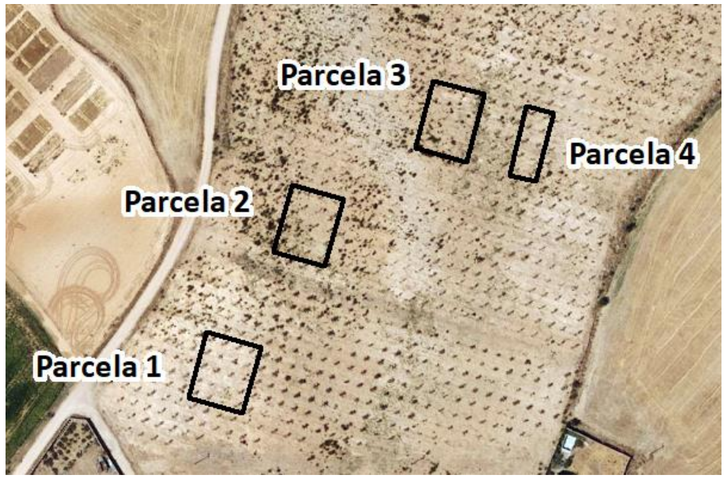
2. METODOLOGIA Y DESARROLLO DEL ESTUDIO

- **Ubicación**



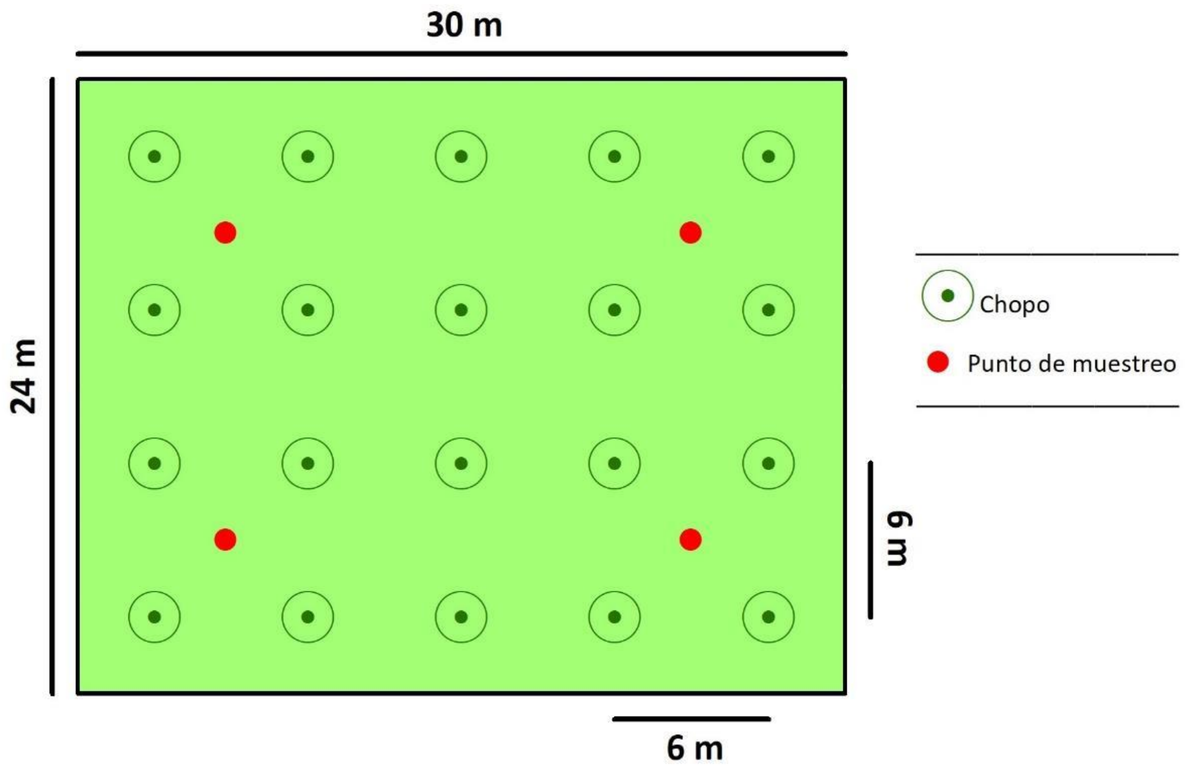


Parcela 1	EDAR Hidrólisis térmico	EDAR S1
Parcela 2	Bioestabilizado CTR	CTR S2
Parcela 3	EDAR tradicional	EDAR S3
Parcela 4	Control	Control



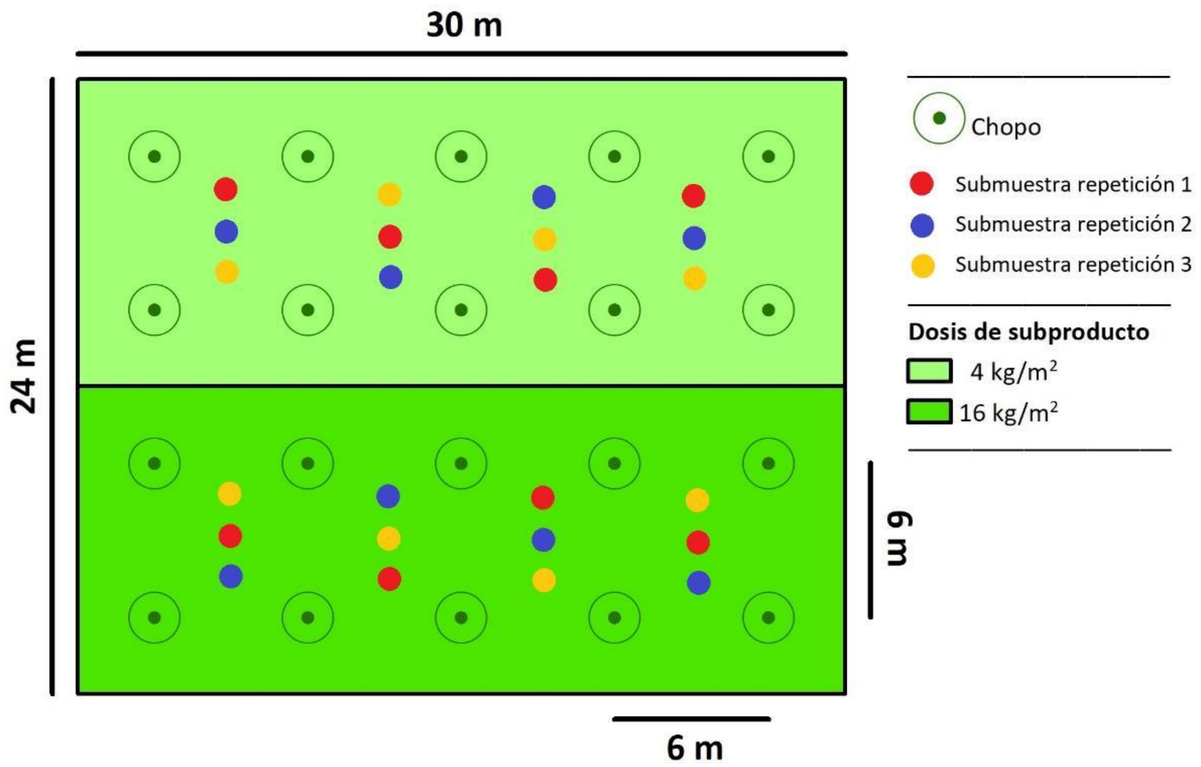
2. METODOLOGIA Y DESARROLLO DEL ESTUDIO

- **Muestreo de los suelos:** Caracterización inicial (08/04/2022)



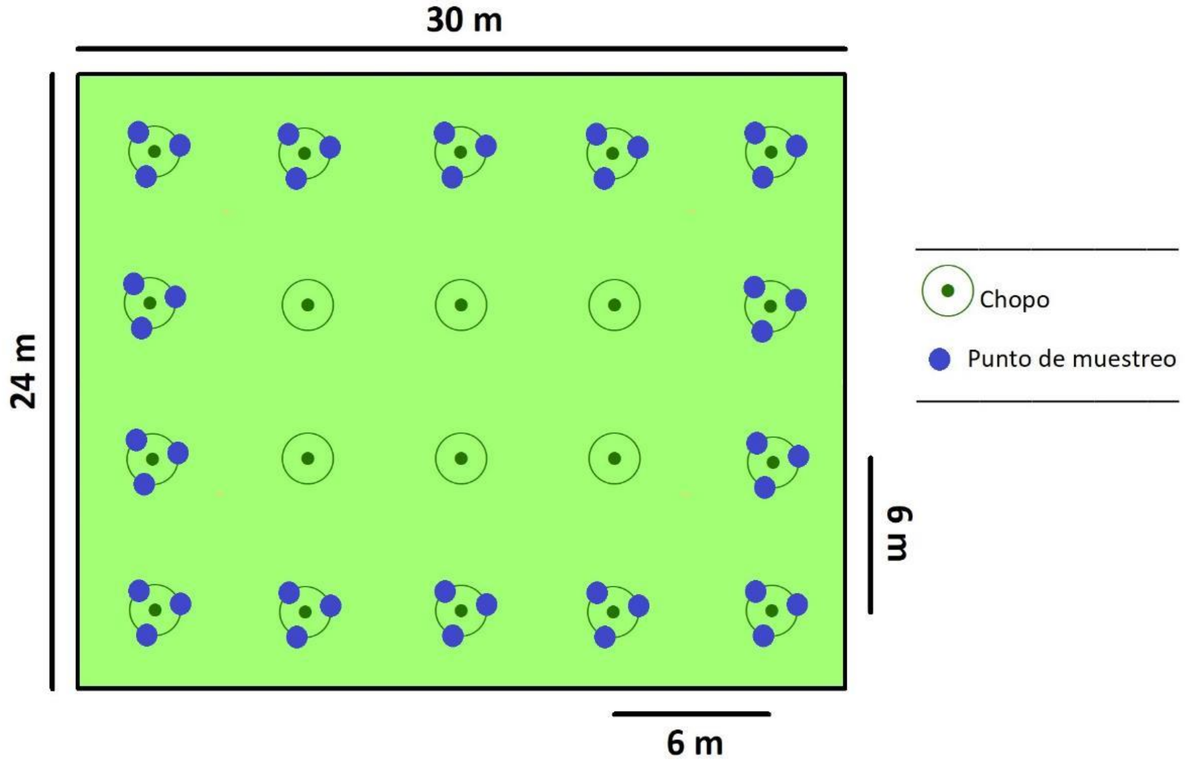
2. METODOLOGIA Y DESARROLLO DEL ESTUDIO

- **Muestreo de los suelos:** Caracterización intermedia (19/09/2022) y final (09/12/2022)



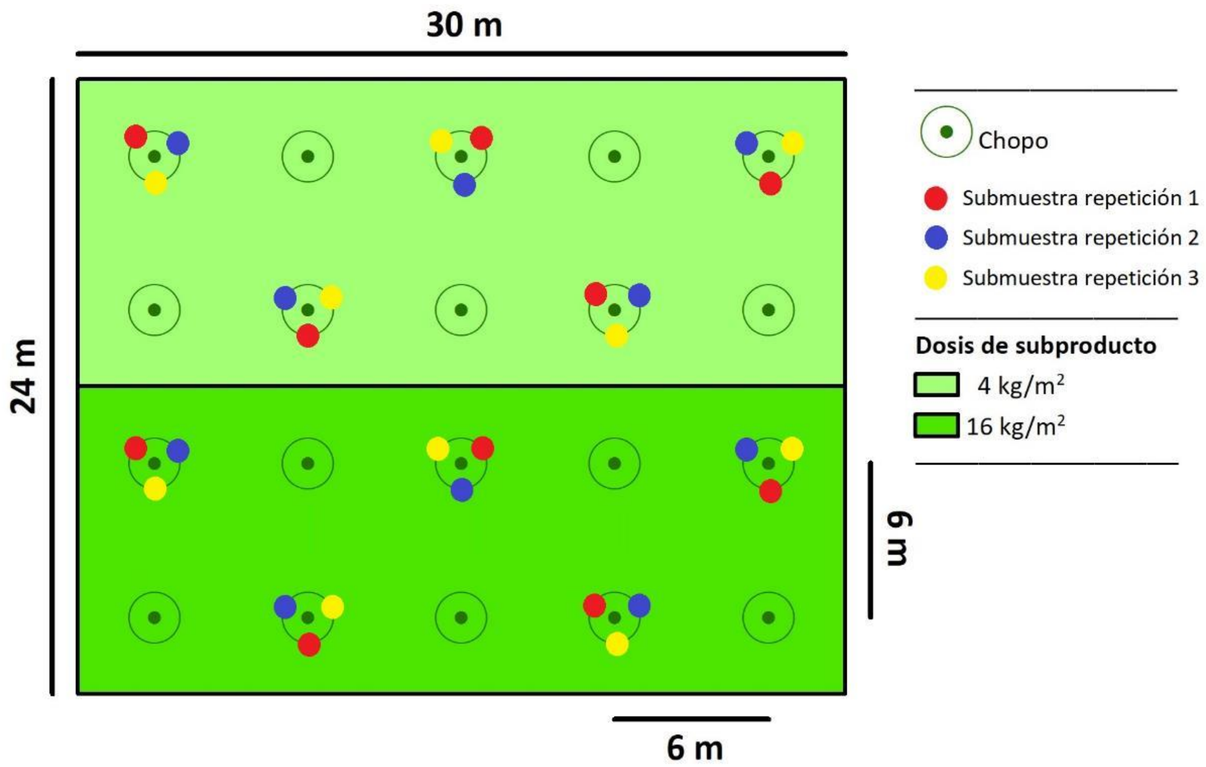
2. METODOLOGIA Y DESARROLLO DEL ESTUDIO

- **Muestreo foliar:** Caracterización inicial (08/04/2022)



2. METODOLOGIA Y DESARROLLO DEL ESTUDIO

- **Muestreo foliar:** Caracterización intermedia (19/09/2022) y final (18/10/2022)



2. METODOLOGIA Y DESARROLLO DEL ESTUDIO

• Análisis de las muestras

PARÁMETRO	MATRIZ	TIPO DE MÉTODO
pH	Suelos	pH-metro
Granulometría	Suelos	Difracción laser. Pipeta Robinson. Sedimentación
Carbonatos	Suelos	Galcímetro de Bernard
Carbonato total y N total	Suelos	Combustión
Fósforo asimilable	Suelos	Olsen. Espectrofotometría UV-VIS
Ca, Mg y K asimilables	Suelos	Extraídos con acetato amónico. ICP-OES
Conductividad eléctrica	Suelos	1:5 M/V. Conductimétrico
Bases de cambio	Suelos	ICP-OES
Capacidad de intercambio iónico	Suelos	Espectrofotometría UV-VIS
Amonios intercambiables	Suelos	Espectrofotometría UV-VIS
Nitritos o nitratos intercambiables	Suelos	Espectrofotometría UV-VIS
Metales pesados	Suelos	Digestión microondas. Normativa EPA3051 Análisis ICP-OES (mayoritarios) Análisis ICP-MS (traza)
PARÁMETRO	**MATRIZ**	**TIPO DE MÉTODO**
C total y N total	Ensayo foliar	Combustión
Análisis elemental	Ensayo foliar	Digestión microondas. ICP-OES.

- Se han determinado analíticamente **40 parámetros** distintos en cada una de las **46 muestras de suelo** recogidas durante el estudio.

- Por otra parte, en cada una de las **46 muestras foliares de chopo** se han determinado analíticamente **14 parámetros.**

2. METODOLOGIA Y DESARROLLO DEL ESTUDIO

• Análisis estadístico

- Se han comparado en cada parcela de ensayo los resultados de la caracterización inicial de las distintas muestras con la caracterización final de las subparcelas sobre las que se han aplicado distintas dosis de la enmienda orgánica.

- Con los resultados de cada parcela se ha realizado:
  - Analisis de varianza (ANOVA)
  - Test LSD (Fisher)

	Dosis	Var. 1		Var. 2		Var. 3	
Caract. inicial	-	x a		x a		x ab	
Caract. final	4	y a	=	y a	=	y a	=▼
Caract. final	16	z a	=	z b	▲	z b	=▲

ANOVA	-	-	+
LSD	-	+	+

3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

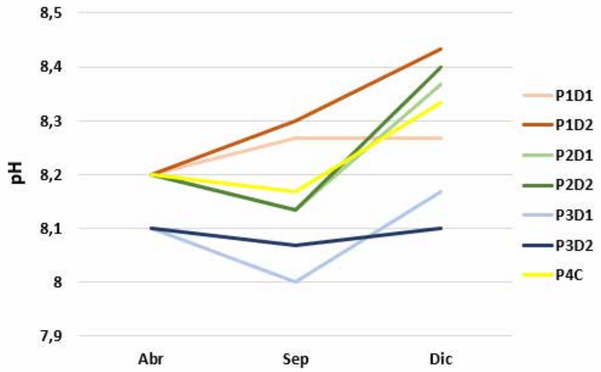
- **Propiedades básicas:**

  - pH
  - Conductividad eléctrica (CE)
  - Materia orgánica oxidable (MO)
  - Carbono total (Ctotal)
  - Carbonatos totales ($CaCO_3$ equiv.)

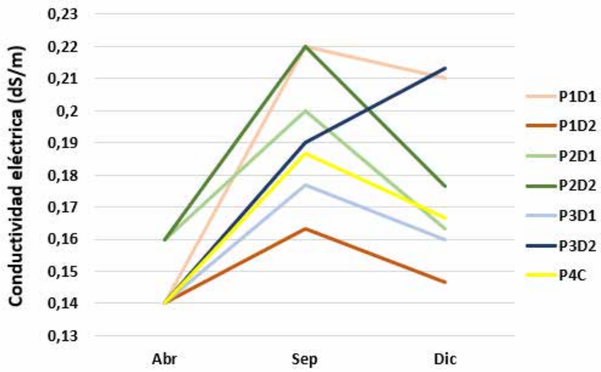
3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

- **Propiedades básicas:** pH, CE, MO, C_{total}, $CaCO_3$ equiv.

pH (-)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	8,2	=	▲
Parcela 2	8,2	▲	▲
Parcela 3	8,1	=	=
Control	8,2	=	



CE (dS/m)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	0,14	▲	=
Parcela 2	0,16	=	=
Parcela 3	0,14	=	▲
Control	0,14	=	



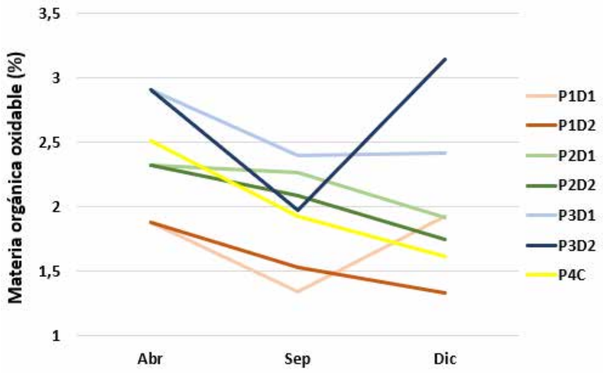
3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

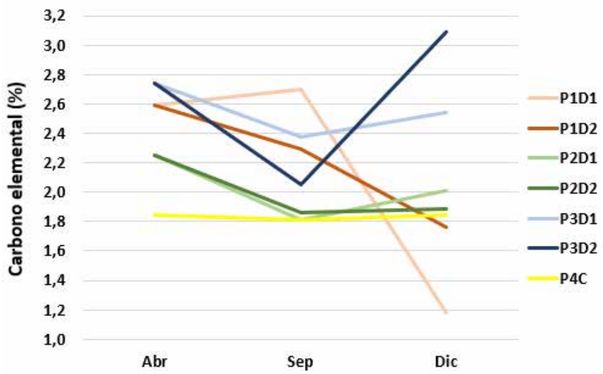
- **Propiedades básicas:** pH, CE, MO, C_{total}, $CaCO_3$ equiv.

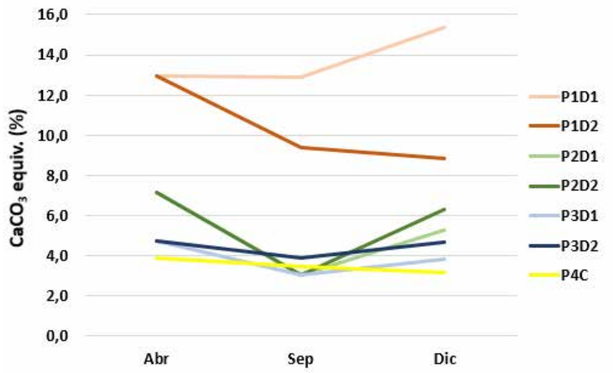
MO (%)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	1,88	=	▼
Parcela 2	2,32	=	=
Parcela 3	2,91	=	=
Control	2,51	=	

C_{total} (%)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	2,59	▼	=▼
Parcela 2	2,25	=	=
Parcela 3	2,74	=	=
Control	1,84	=	

$CaCO_3$ (%)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	12,95	=▲	=▼
Parcela 2	7,12	=	=
Parcela 3	4,69	=	=
Control	3,87	=	







3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

- **Macronutrientes:**

  - Nitrógeno total (N_{total})
  - Nitritos (N_{NO3})
  - Amonio (N_{NH4})
  - Fósforo asimilable (P)
  - Potasio asimilable (K)
  - Calcio asimilable (Ca)
  - Magnesio asimilable (Mg)

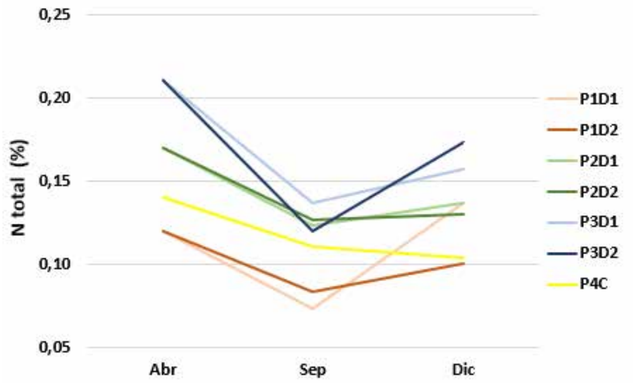
3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

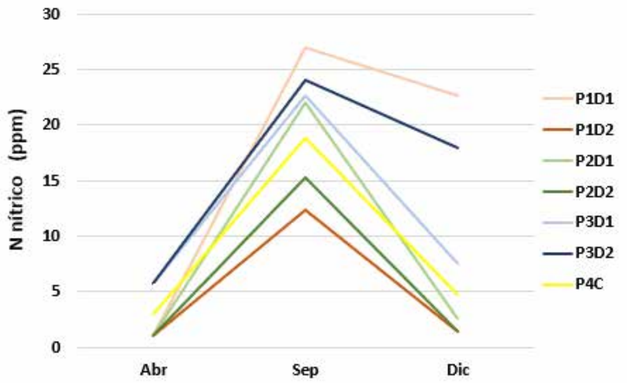
- **Macronutrientes:** N_{total}, N_{NO3}, N_{NH4}, P, K, Ca, Mg

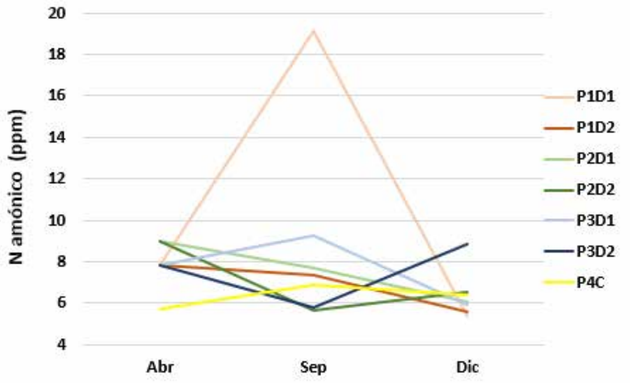
N_{total} (%)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	0,12	=	=
Parcela 2	0,14	= ▼	▼
Parcela 3	0,10	▼	= ▼
Control	0,10	=	

N_{NO3} (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	1,0	▲	=
Parcela 2	1,0	=	=
Parcela 3	5,8	=	=
Control	2,9	=	

N_{NH4} (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	7,8	▼	▼
Parcela 2	9,0	=	=
Parcela 3	7,8	= ▼	= ▲
Control	5,7	=	







3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

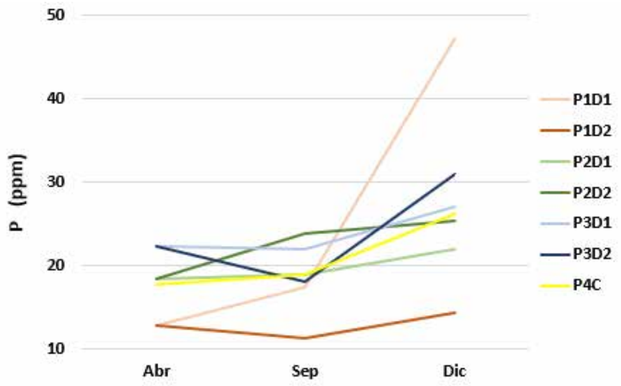
- **Macronutrientes:** N_{total}, N_{NO3}, N_{NH4}, P, K, Ca, Mg

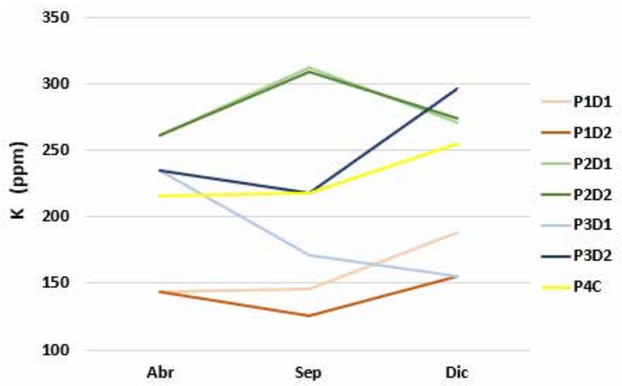
P (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	12,8	= ▲	= ▼
Parcela 2	18,3	=	=
Parcela 3	22,3	=	=
Control	17,6	=	

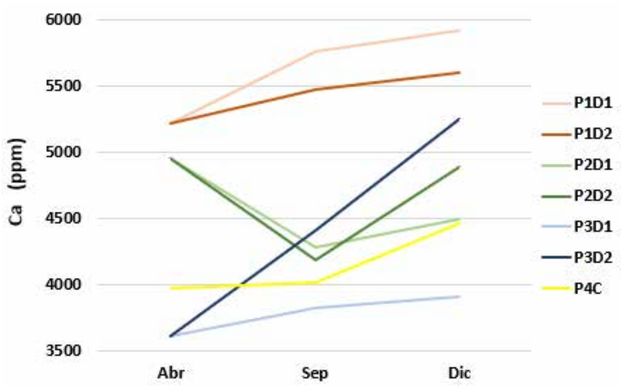
K (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	144	=	=
Parcela 2	261	=	=
Parcela 3	235	▼	=
Control	216	=	

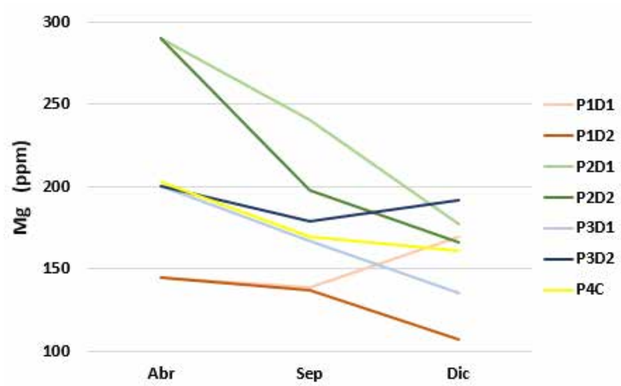
Ca (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	5216	▲	▲
Parcela 2	4950	=	=
Parcela 3	3604	=	=
Control	3969	=	

Mg (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	145	= ▲	= ▼
Parcela 2	290	▼	▼
Parcela 3	200	▼	=
Control	203	=	









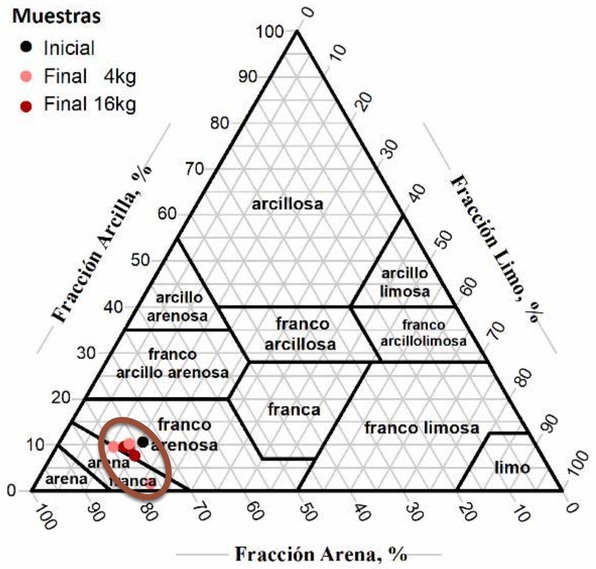
3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

- **Propiedades físicas:**

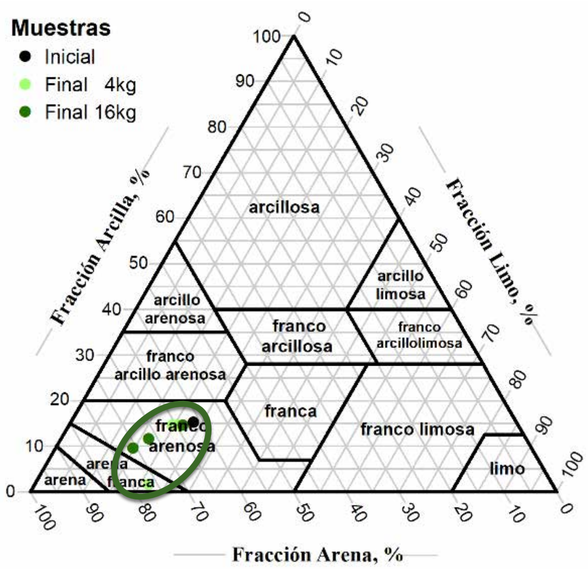
  - Granulometría (Textura USDA)
  - Humedad a capacidad de campo, o 1/3 atm (Hcc)
  - Humedad en punto de marchitez, o 15 atm (Hpm)
  - Agua útil (AU)

3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

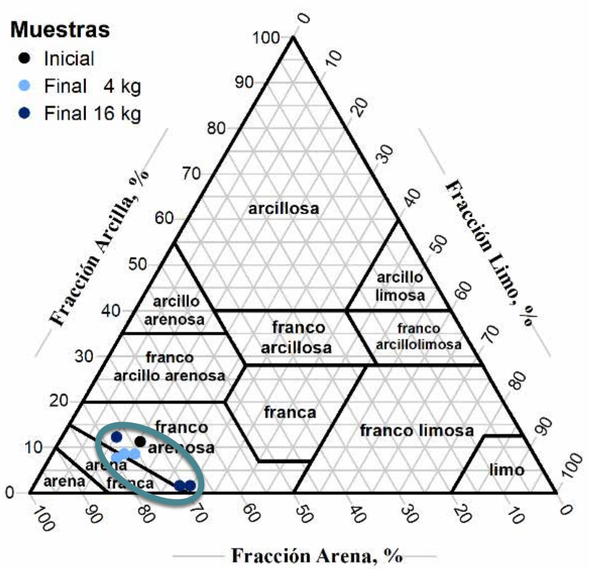
- **Propiedades físicas:** Textura USDA, Hcc, Hpm, AU



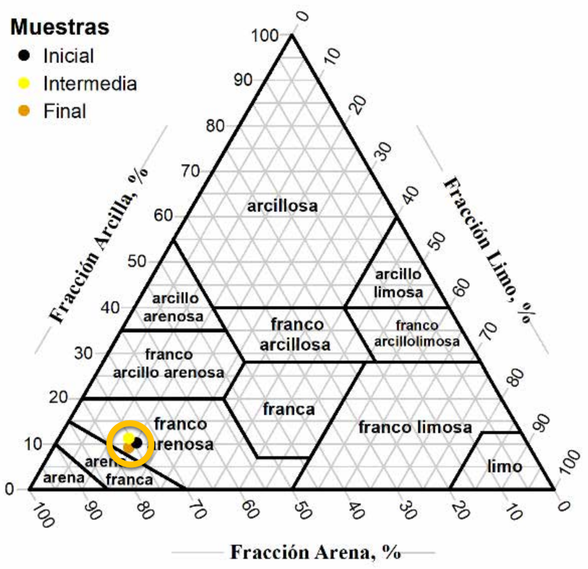
Parcel a 1



Parcel a 2



Parcel a 3



Parcel a 4

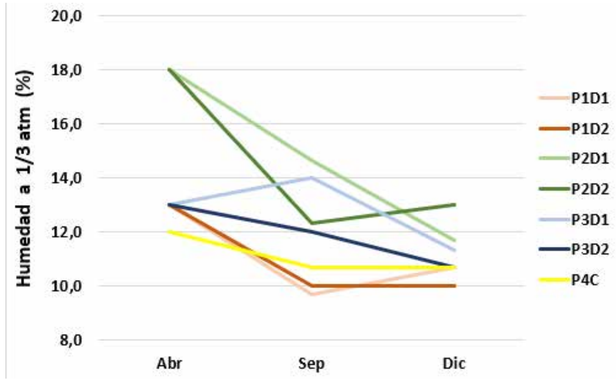
3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

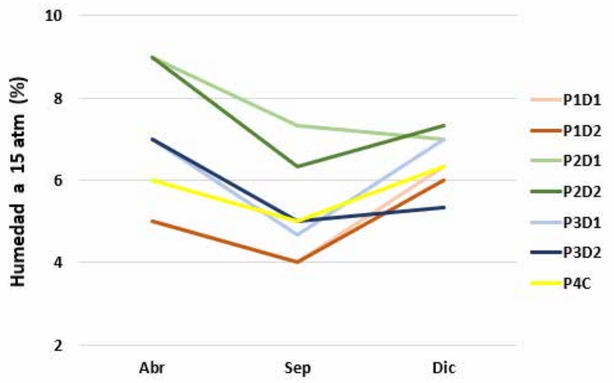
- **Propiedades físicas:** Textura USDA, Hcc, Hpm, AU

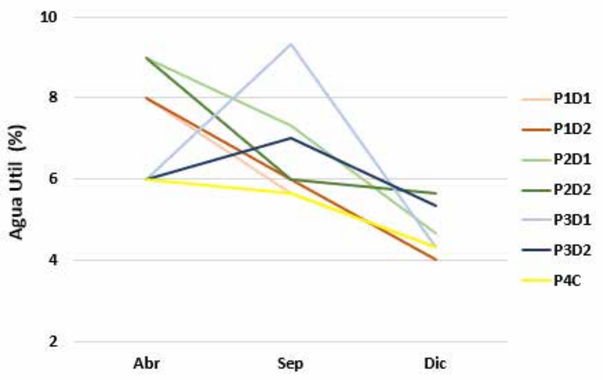
Hcc (%)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	13,0	▼	▼
Parcela 2	18,0	▼	▼
Parcela 3	13,0	=	=
Control	12,0	=	

Hpm (%)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	5,0	=	=
Parcela 2	9,0	=	=
Parcela 3	7,0	=	▼
Control	6,0	=	

AU (%)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	8,0	▼	▼
Parcela 2	9,0	▼	= ▼
Parcela 3	6,0	=	=
Control	6,0	=	







3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

- **Microelementos EDTA:**

  - Hierro (Fe)
  - Cobre (Cu)
  - Manganeso (Mn)
  - Zinc (Zn)
  - Molibdeno (Mo)

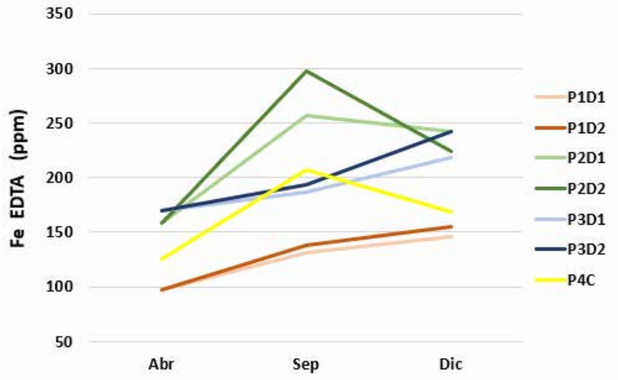
3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

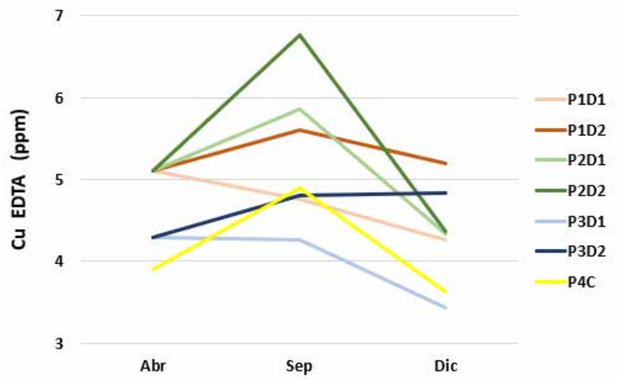
- **Microelementos EDTA:** Fe, Cu, Mn, Zn, Mo

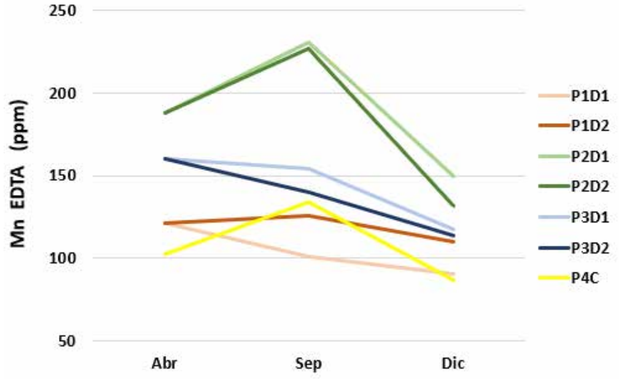
Fe (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	97	=	=
Parcela 2	158	=	=
Parcela 3	170	= ▲	▲
Control	125	=	

Cu (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	5,1	=	=
Parcela 2	5,1	=	=
Parcela 3	4,3	= ▼	= ▲
Control	3,9	=	

Mn (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	121	=	=
Parcela 2	188	=	=
Parcela 3	160	▼	▼
Control	102	=	



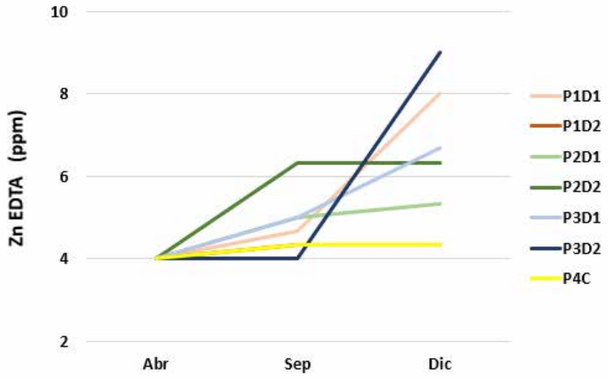




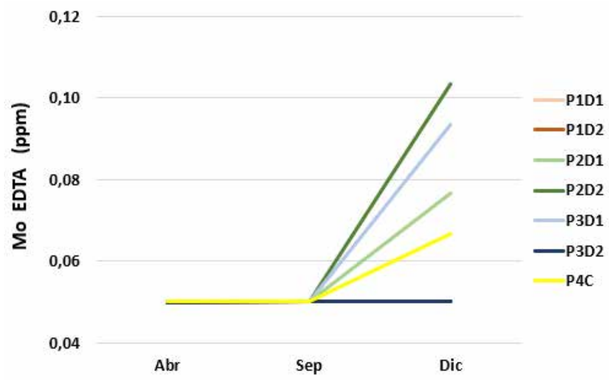
3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

- **Microelementos EDTA:** Fe, Cu, Mn, Zn, Mo

Zn (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	4,0	▲	=
Parcela 2	4,0	= ▲	▲
Parcela 3	4,0	▲	▲
Control	4,0	=	



Mo (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	0,05	=	=
Parcela 2	0,05	=	=
Parcela 3	0,05	=	=
Control	0,05	=	



3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

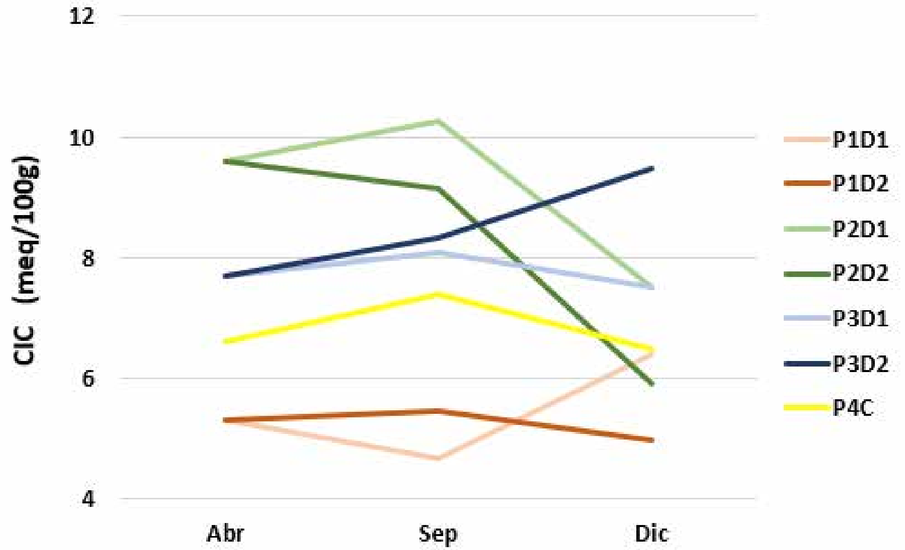
- **Complejo de cambio:**

  - Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)
  - Potasio de cambio (K c)
  - Calcio de cambio (Ca c)
  - Magnesio de cambio (Mg c)
  - Sodio de cambio (Na c)

3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

- **Complejo de cambio:** CIC, K c, Ca c, Mg c, Na c

CIC (meq/100g)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	5,3	[redacted]	[redacted]
Parcela 2	9,6	[redacted]	[redacted]
Parcela 3	7,7	[redacted]	[redacted]
Control	6,6	[redacted]	



3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

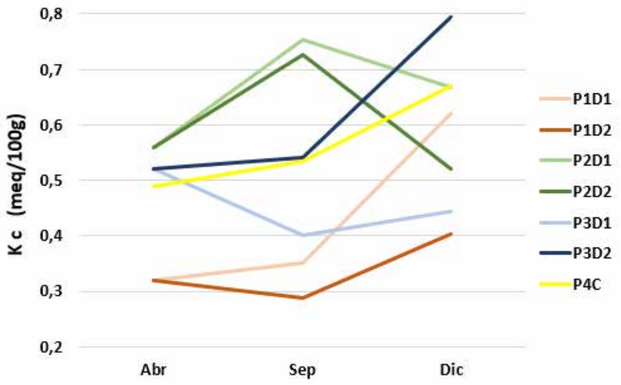
- **Complejo de cambio:** CIC, K c, Ca c, Mg c, Na c

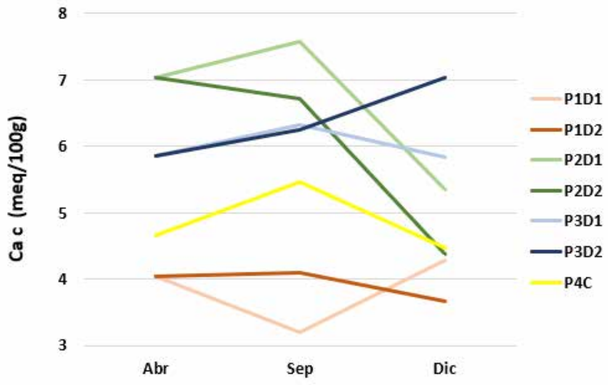
K c (meq/100g)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	0,32	=	=
Parcela 2	0,56	=	=
Parcela 3	0,52	=	▲
Control	0,49	=	

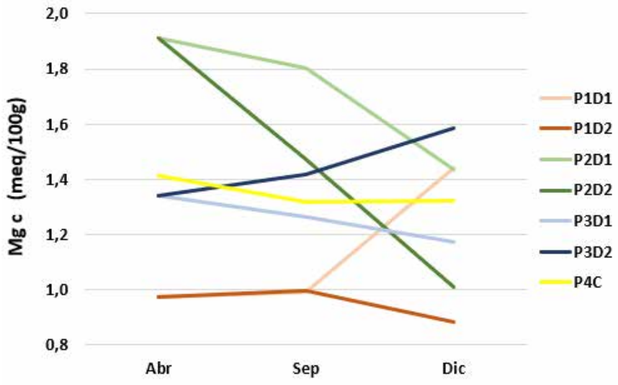
Ca c (meq/100g)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	4,03	=	=
Parcela 2	7,04	=	=
Parcela 3	5,86	=	=
Control	4,65	=	

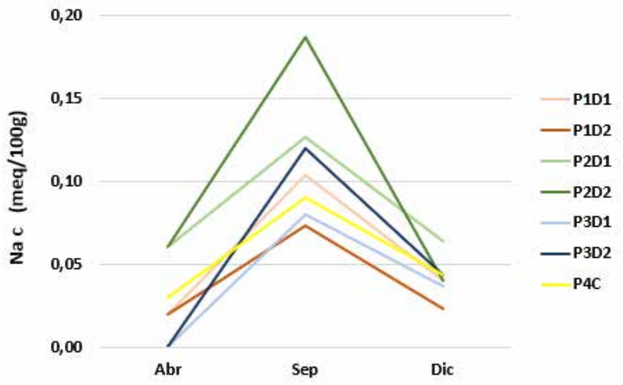
Mg c (meq/100g)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	0,97	▲	=
Parcela 2	1,91	=	=
Parcela 3	1,34	=	=
Control	1,41	=	

Na c (meq/100g)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	0,02	=	=
Parcela 2	0,06	=	=
Parcela 3	0,00	▲	▲
Control	0,03	=	









3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

- **Metales pesados:**

  - Cadmio (Cd)
  - Cobre (Cu)
  - Niquel (N_i)
  - Plomo (Pb)
  - Zinc (Zn)
  - Mercurio (Hg)
  - Cromo (Cr)
  - Hierro (Fe)

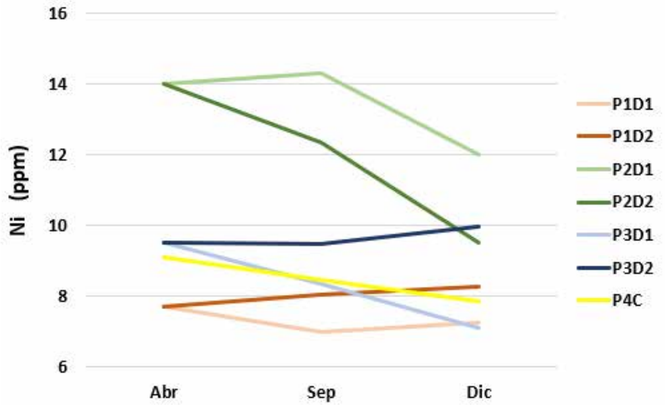
3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

- **Metales pesados:** Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Cr, Fe

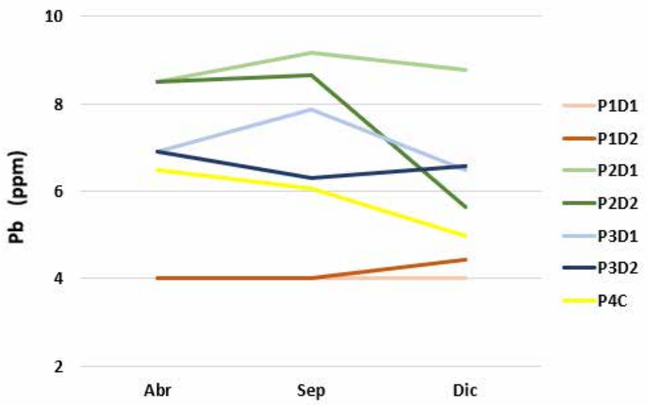
Cd (ppm)	< 0,5

Cu (ppm)	< 20

Ni (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	7,7	=	=
Parcela 2	14,0	=	=
Parcela 3	9,5	= ▼	= ▲
Control	9,1	=	



Pb (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	4,0	=	=
Parcela 2	8,5	=	=
Parcela 3	6,9	=	=
Control	6,5	=	



3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

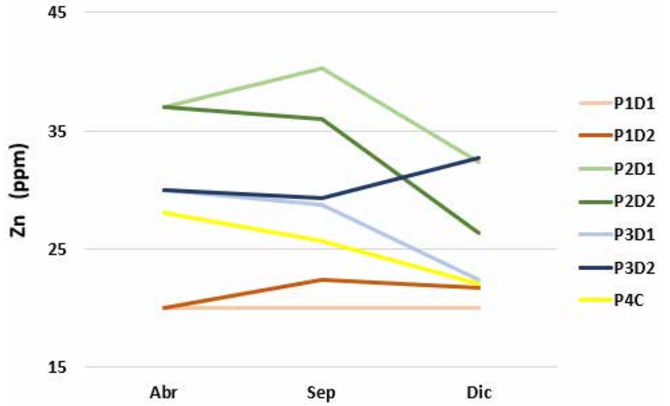
- **Metales pesados:** Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Cr, Fe

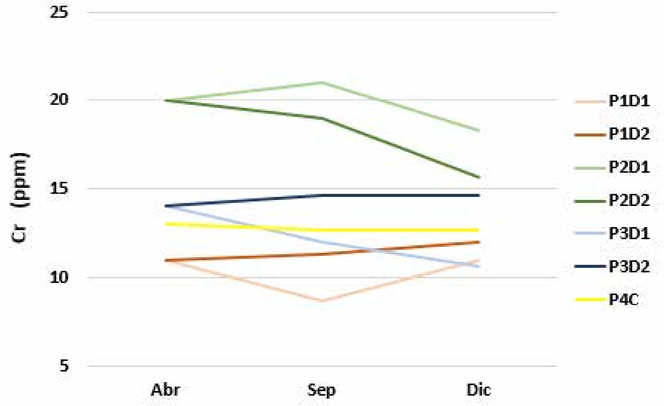
Zn (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	20	=	=
Parcela 2	37	=	=
Parcela 3	30	= ▼	= ▲
Control	28	=	

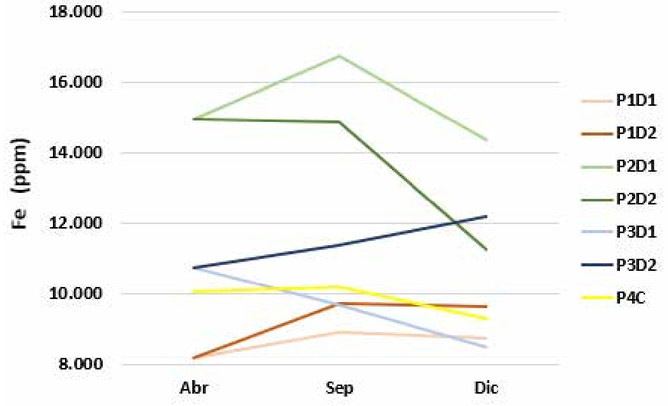
Hg (ppm)	< 0,4

Cr (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	11	=	=
Parcela 2	20	=	=
Parcela 3	14	=	=
Control	13	=	

Fe (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	8200	=	=
Parcela 2	14941	=	=
Parcela 3	10735	= ▼	= ▲
Control	10050	=	







3. RESULTADOS (I): LOS SUELOS

		Propiedades básicas					Macronutrientes							Microelementos EDTA				
Parcela	Enmienda	pH	CE	MO	C_{total}	$CaCO_3$	N_{total}	N_{NO3}	N_{NH4}	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	Mo
P1	**EDAR S1**	▲	▲	-	-	▲▼	-	▲	▼	▲▼	-		▲▼	-	-	-	▲	-
P2	**CTR S2**	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	▼	-	-	-	-	-
P3	**EDAR S3**	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	▼	-	▼	-	▲▼	▼	▲	-
P4	**Control S4**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

		Complejo de cambio					Metales pesados								Propiedades físicas			
Parcela	Enmienda	CIC	Kc	Cac	Mgc	Nac	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	Cr	Fe	Text	Hcc	Hpm	AU
P1	**EDAR S1**	-	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	▼
P2	**CTR S2**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	▼	-	-
P3	**EDAR S3**	-	▲	-	-	▲	-	-	▲▼	-	▲▼	-	-	▲▼	-	-	▼	-
P4	**Control S4**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4. RESULTADOS (II): ANALISIS FOLIARES DE LOS CHOPOS

- **Nutrientes:**

  - Carbono elemental (C_{total})
  - Nitrógeno elemental (N_{total})
  - Fósforo (P)
  - Potasio (K)
  - Calcio (Na)
  - Magnesio (Mg)

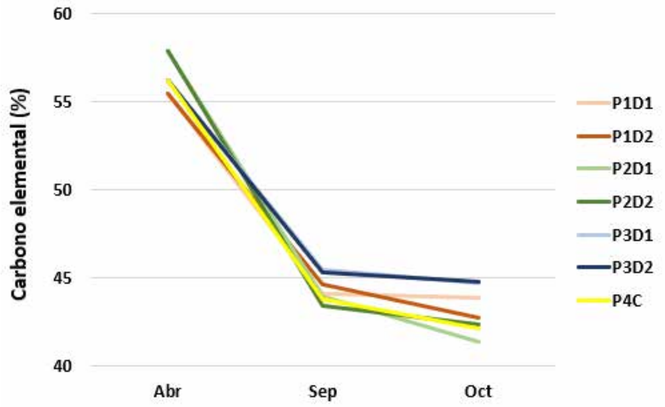
4. RESULTADOS (II): ANALISIS FOLIARES DE LOS CHOPOS

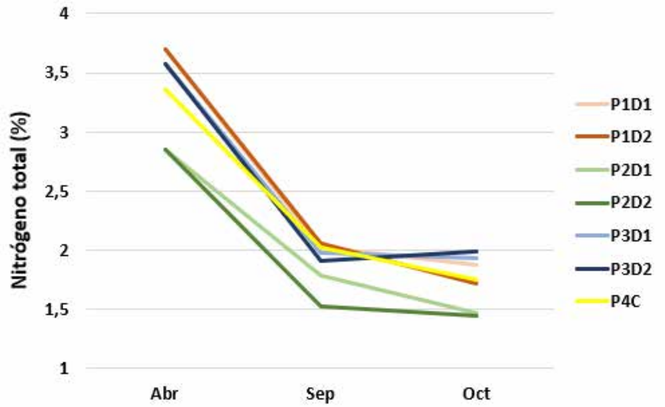
- **Nutrientes:** C_{total}, N_{total}, P, K, Ca, Mg

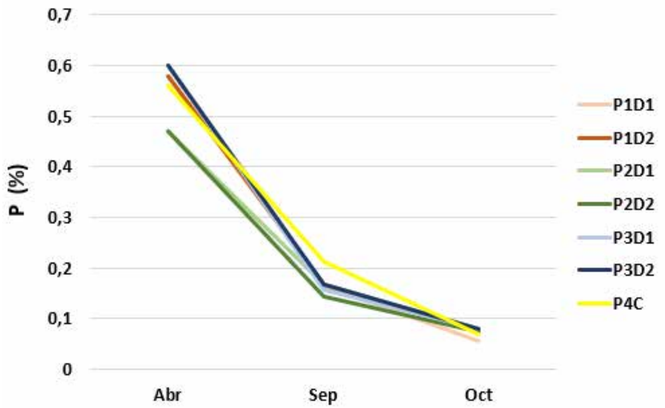
C_{total} (%)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	55,5	▼	▼
Parcela 2	57,9	▼	▼
Parcela 3	56,2	▼	▼
Control	56,2	▼	

N_{total} (%)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	3,70	▼	▼
Parcela 2	2,85	▼	▼
Parcela 3	3,58	▼	▼
Control	3,36	▼	

P (%)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	0,58	▼	▼
Parcela 2	0,47	▼	▼
Parcela 3	0,60	▼	▼
Control	0,56	▼	







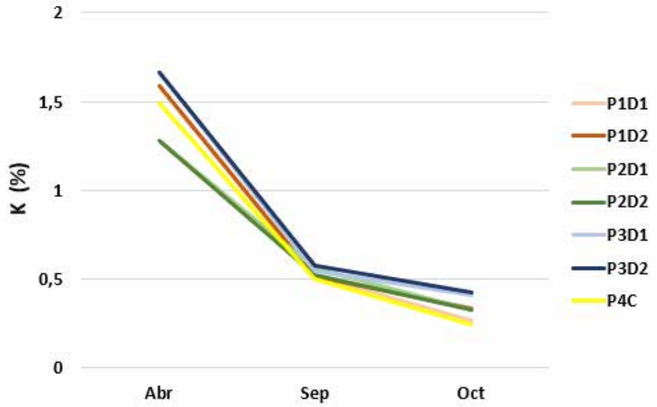
4. RESULTADOS (II): ANALISIS FOLIARES DE LOS CHOPOS

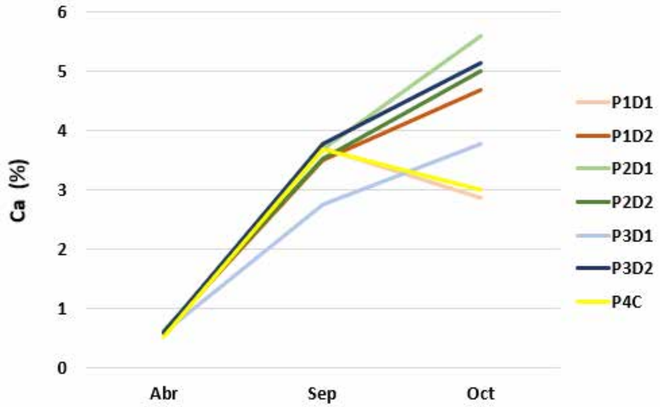
- **Nutrientes:** C_{total}, N_{total}, P, K, Ca, Mg

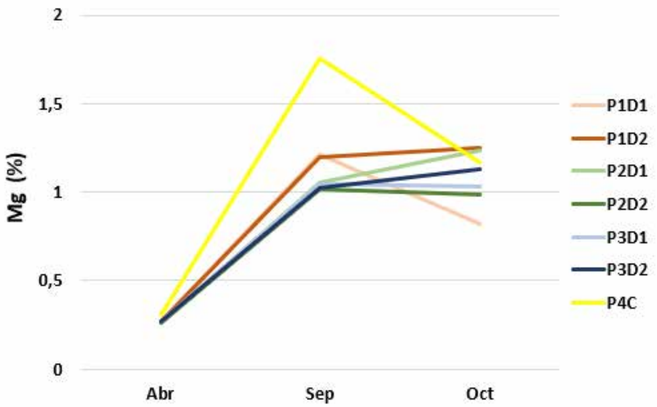
K (%)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	1,59	▼	▼
Parcela 2	1,28	▼	▼
Parcela 3	1,66	▼	▼
Control	1,49	▼	

Ca (%)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	0,59	=	=
Parcela 2	0,61	▲	▲
Parcela 3	0,59	▲	▲
Control	0,53	=	

Mg (%)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	0,27	=	=
Parcela 2	0,26	▲	▲
Parcela 3	0,27	▲	▲
Control	0,31	=	







4. RESULTADOS (II): ANALISIS FOLIARES DE LOS CHOPOS

- **Micronutrientes:**

  - Hierro (Fe)
  - Zinc (Zn)
  - Cobre (Cu)
  - Manganeso (Mn)
  - Boro (B)
  - Sodio (Na)
  - Molibdeno (Mo)

4. RESULTADOS (II): ANALISIS FOLIARES DE LOS CHOPOS

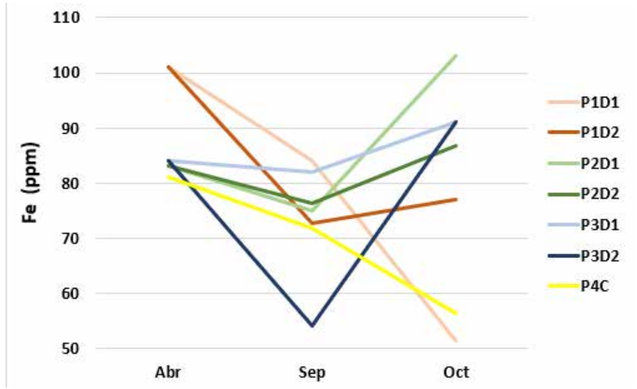
- **Micronutrientes:** Fe, Zn, Cu, Mn, B, Na, Mo

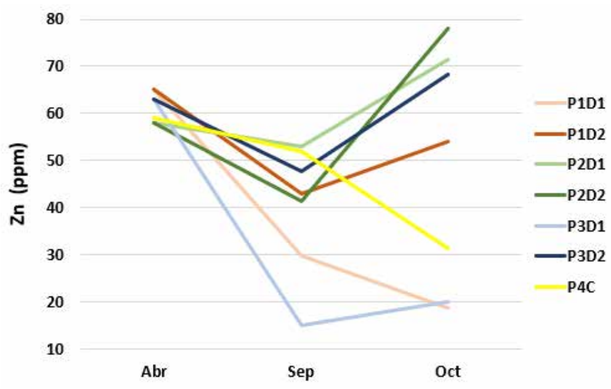
Fe (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	101	=	=
Parcela 2	83	▲	=
Parcela 3	84	=	=
Control	81	=	

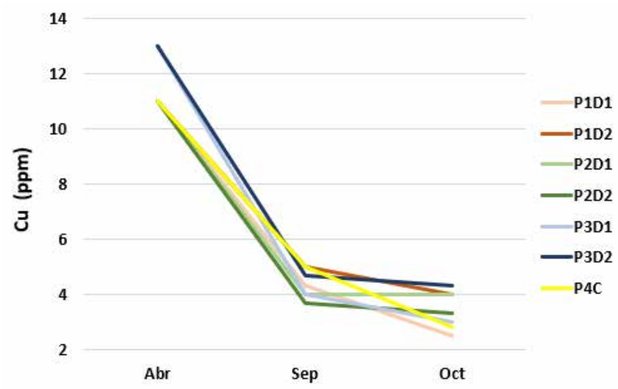
Zn (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	65	▼	▲
Parcela 2	58	=	=
Parcela 3	63	=	▼
Control	59	=	

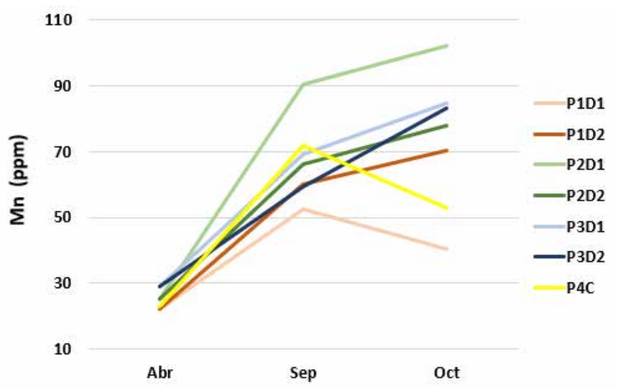
Cu (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	11	▼	▼
Parcela 2	11	▼	▼
Parcela 3	13	▼	▼
Control	11	=	

Mn (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	22	=	=
Parcela 2	25	▲	▲
Parcela 3	29	▲	▲
Control	23	=	





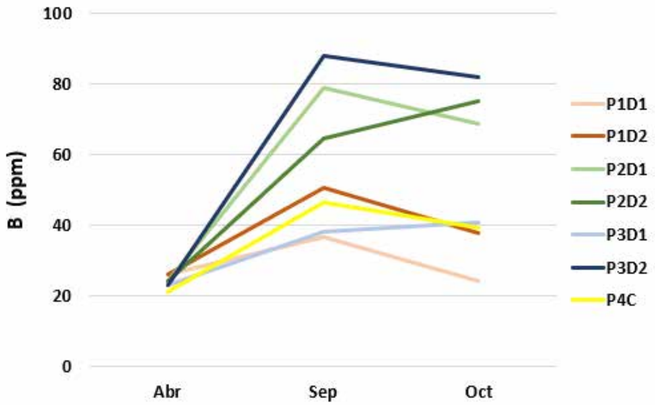




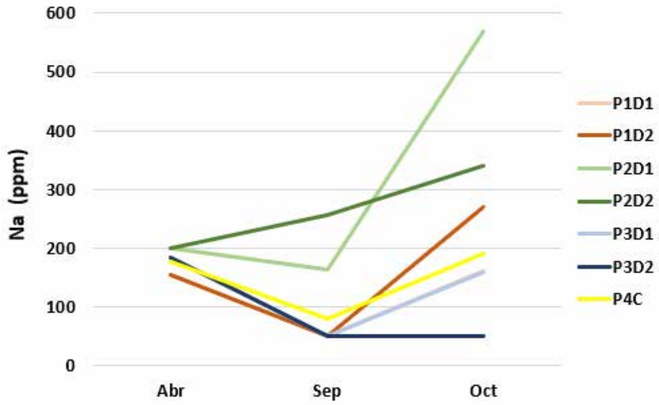
4. RESULTADOS (II): ANALISIS FOLIARES DE LOS CHOPOS

- **Micronutrientes:** Fe, Zn, Cu, Mn, B, Na, Mo

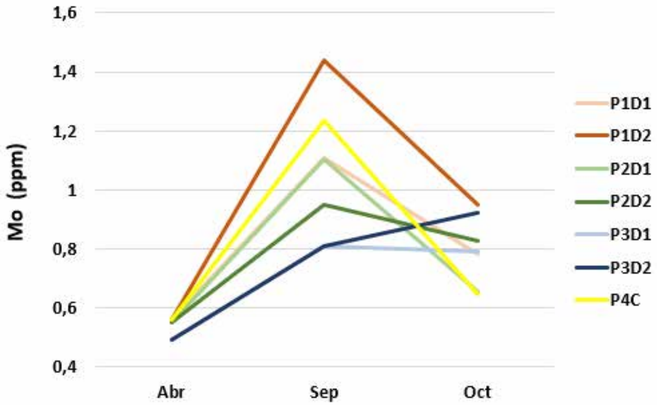
B (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	26	=	=
Parcela 2	24	▲	▲
Parcela 3	23	=	▲
Control	21	=	



Na (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	153	=	=
Parcela 2	199	▲	=
Parcela 3	183	▲	=
Control	177	=	



Mo (ppm)	Carac. inicial	Carac. final	
		4 kg/m²	16 kg/m²
Parcela 1	0,56	=	=
Parcela 2	0,55	=	=
Parcela 3	0,49	= ▲	▲
Control	0,56	=	



4. RESULTADOS (II): ANALISIS FOLIARES DE LOS CHOPOS

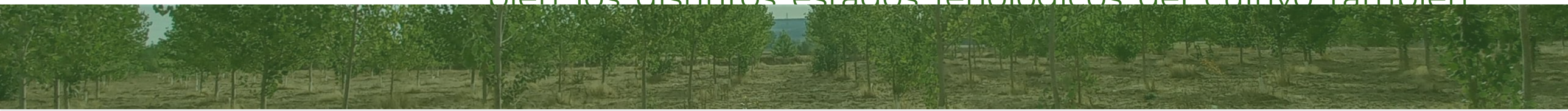
		Nutrientes						Micronutrientes						
Parcela	Enmienda	C_{total}	N_{total}	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	B	Na	Mo
P1	**EDAR S1**	▼	▼	▼	▼	-	-	-	-	▼	-	-	-	-
P2	**CTR S2**	▼	▼	▼	▼	▲	▲	-	-	▼	▲	-	-	-
P3	**EDAR S3**	▼	▼	▼	▼	▲	▲	-	▼	▼	▲	▲	-	-
P4	**Control S4**	▼	▼	▼	▼	-	-	-	-	-	-	-	-	-

5. CONCLUSIONES

- Se ha llevado a cabo satisfactoriamente el estudio de los efectos de la aplicación de estos tres productos en los suelos agrícolas y en el desarrollo de los cultivos sobre los que se aplican.

- En las parcelas de ensayo se han observado los efectos producidos por las distintas enmiendas sobre las propiedades de suelo, mientras que en la parcela control no ha habido alteraciones significativas.

- En los análisis foliares de chopo también se han observado algunos efectos producidos por las distintas enmiendas, si bien los distintos estados fenológicos del cultivo también



Gracias por vuestra atención
Juve & Camps

Interreg Sudoe ecoval
European Regional Development Fund

EUROPEAN UNION

PATRIMONIO NATURAL DE CASTILLA Y LEÓN

Junta de Castilla y León

ecoval

JORNADA DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:

VALORIZACIÓN DE LODOS Y BIOESTABILIZADO PROYECTO ECOVAL

Viernes 17 de febrero de 2023

ESTUDIO DE ANALISIS DE RECUPERACION DE SUELOS MEDIANTE APLICACIÓN DE SUBPRODUCTO DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGANICOS URBANOS Y LODOS COMO ENMIENDA EN EL MARCO DEL PROYECTO INTERREG SUDOE ECOVAL (SOE4/P1/E1104)

Ponente: Joaquín Cámara Gajate