

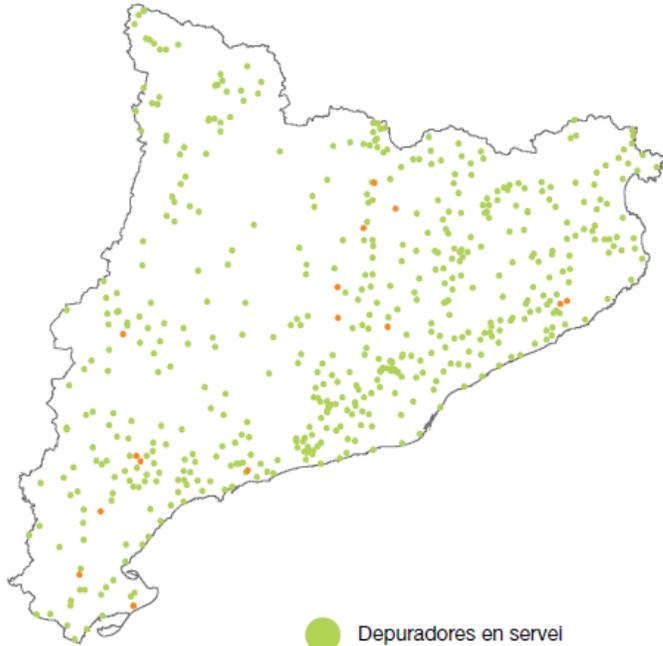
Gestión sostenible de las aplicaciones de lodos de depuración de aguas residuales urbanas para la fertilización de cultivos herbáceos extensivos.

Seguimiento y experimentación de dos ensayos comparativos de fertilización a largo plazo en cereal de invierno y maíz iniciados en 1996.

Francesc Camps

Francesc.camps@irta.cat

11 de abril de 2024



● Depuradores en servei

- ✓ Depuración biológica de las aguas residuales urbanas
- ✓ 532 EDAR urbanas en Catalunya
- ✓ 97% de la población de Catalunya
- ✓ 700 hm³ de agua
- ✓ 550.000 t/año de lodos (20% de MS): 120.000 t/año de lodos secos



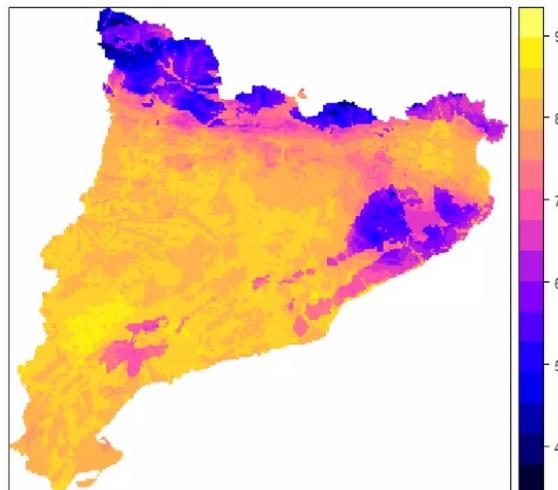
- ✓ Los nutrientes de los lodos de EDAR están vinculados principalmente a la materia orgánica.
- ✓ Es un buen fertilizante orgánico, rico en N y P, bajo en K.
- ✓ Tiene un efecto mejorador del contenido de materia orgánica del suelo baja (similar a un purín)

Paràmetre	Unitats	Fangs EDAR	Purí de porc	Digestat de vacú
Humitat a 105 °C	% smf	75,8	95,3	93,9
Matèria org.	% sms	66,6	66,7	69,5
C/N	-	6,4	10,8	9,2
pH ext. 1:25	-	8,3	8,6	8,6
CE ext. 1:5	dS/m	1,8	6,7	3,8
Nitrogen (N)	% sms	5,4	14,7	9,0
N amoniacal	% sms	1,2	11,5	5,2
N orgànic	% sms	4,2	3,2	3,9
Fòsfor (P)	% sms	2,1	2,2	2,7
Potassi (K)	% sms	0,2	8,0	2,4
Magnesi (Mg)	% sms	0,4	1,2	0,9
Calci (Ca)	% sms	4,3	3,0	3,2
Sodi (Na)	% sms	0,2		
Ferro (Fe)	% sms	2,8	0,2	1,0

Solo los lodos estabilizados y con un contenido bajo de metales pueden ser destinados a agricultura

¿Legislación, que dice?

- Directiva 86/278/CEE de 1986, protección del medio ambiente y de los suelos en la utilización de lodos de depuración en agricultura. **RD 1310/1990, regula la utilización de lodos en el sector agrario**
- Directiva 91/676/CEE, protección de las aguas contra la contaminación de nitratos. **RD 261/1996, de protección de las aguas**
- Directiva 2008/98/CE de 2008 de residuos. **Ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados**
- **Orden AAA/1072/2013, sobre la utilización de lodos en el sector agrario**
- **Decreto 153/2019, sobre la fertilización del suelo y actuación dentro de zonas vulnerables**
- **RD 1051/2022, normas per a la nutrición sostenible en suelos agrarios**



Valors màxims de metalls en sòls i fangs (mg/Kg o ppm)				
	Sòls		Fangs	Fangs
	pH<7	pH>7	màxim	límit/any
	mg/Kg ms	mg/Kg ms	mg/Kg ms	g/ha/any
Cadmi (Cd)	1,0	1,5	10	150
Coure (Cu)	50,0	100,0	1000	2400
Níquel (Ni)	30,0	70,0	300	600
Plom (Pb)	50,0	100,0	750	1500
Zenc (Zn)	150,0	200,0	2500	6000
Mercuri (Hg)	0,5	1,0	10	150
Crom hexavalent (Cr VI)			2	
Arsènic (As)			40	

- ✓ Control de la calidad del lodo que puede ir a agricultura
- ✓ Control de los suelos que pueden recibir lodos
- ✓ Control y seguimiento de la aplicación de lodos



ENSAYO DE CEREALES DE INVIERNO -CEBADA- (1995-2023)

- Evolución agronómica
- Fertilidad del suelo
- Contenido de metales pesados del suelo

ENSAYO DE CEREALES DE VERANO -MAÍZ- (1996-2023)

Evolución de la producción y su calidad

- Parámetros de fertilidad del suelo.
- Contenido de metales pesados del suelo

EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE FERTILIZANTE, NUTRIENTES Y METALES DE LOS LODOS A LO LARGO DE LOS 28 ANYS.



- Typic xerofluent (SSS, 1994) de textura franco-arenosa.
- Profundo, bien drenado, de textura mediana y presenta un carácter moderadamente básico, sin problemas de salinidad, y con un contenido de materia orgánica bajo.
- La fertilidad del suelo es media en fósforo y magnesio, y bajo en potasio.

Tabla 2.- Caracterización de los principales parámetros de fertilidad física y química inicial del suelo donde se ha desarrollado la experiencia de aplicación de lodos de depuradora como abono fertilizante en cereal de invierno (cebada), en la Estación Experimental Agrícola Mas Badia.

Determinació		0-30	30-60	60-90	90-120
pH	-	8,2	8,5	8,6	8,7
CE ext 1:5	dS/m	0,22	0,14	0,16	0,15
MO	%	1,0	0,5	0,5	0,5
Carbonat Càlcic	%	11	13	14	15
N Kjeldahl	%	0,09	0,06	0,06	0,06
Fòsfor	ppm	14	5	4	3
Potassi	ppm	134	87	59	36
Magnesi	ppm	102	97	150	185
Arena grossa	%	18,8	10,4	4,8	17,8
Arena fina	%	49,7	51,9	44,3	42,6
Llim gros	%	12,7	15,5	21,8	14,5
Llim fi	%	11,3	14,1	20,5	17,5
Argila	%	7,5	8,1	8,6	7,6
Textura	-	F-Ar	F-Ar	F	F-Ar



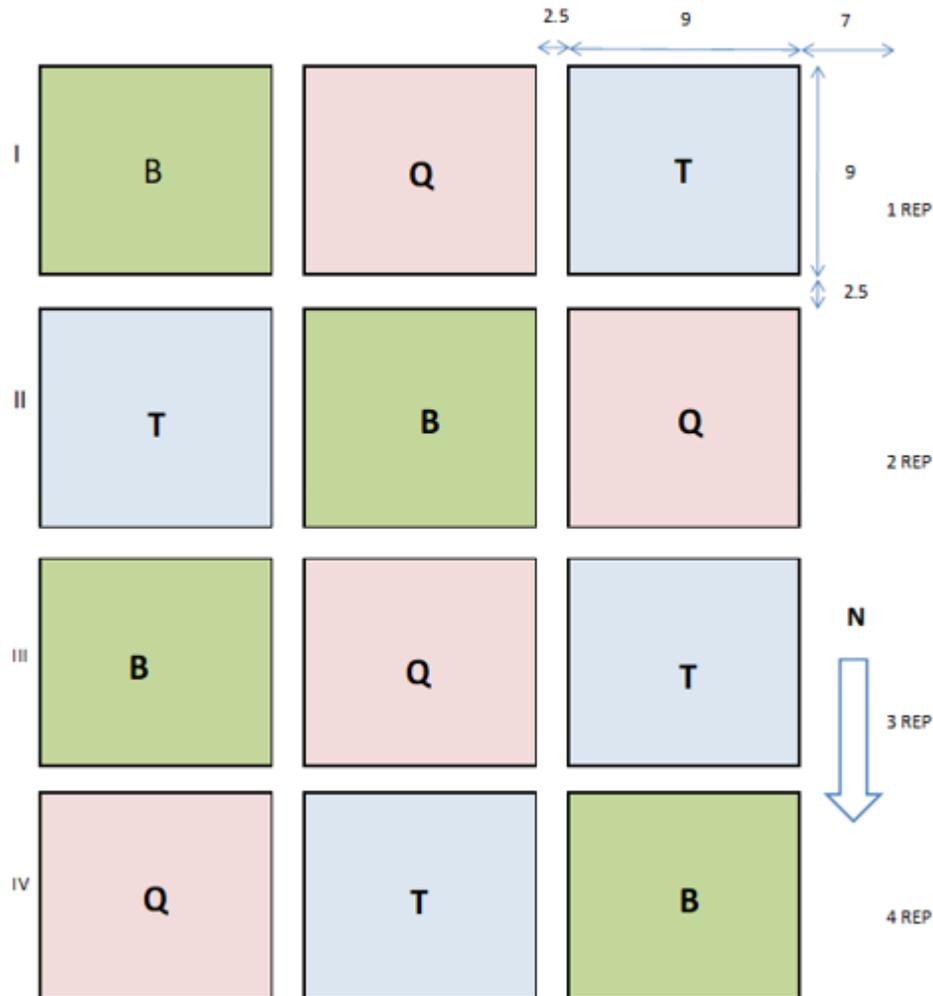
Localización:

- Cereal invierno
- Cereal verano

Tabla 3.- Caracterización del contenido de metales pesados en el suelo al inicio de la experiencia de aplicación de lodos de depuradora como abono fertilizante en cereales de invierno, en la Estación Experimental Agrícola Mas Badia.

Determinació	Unitats	0-30	30-60	60-90	90-120
Crom (Cr)	ppm sms	18	19	19	10
Niquel (Ni)	ppm sms	15	17	18	14
Plom (Pb)	ppm sms	24	18	17	14
Coure (Cu)	ppm sms	40	18	17	14
Zenc (Zn)	ppm sms	67	56	58	51
Mercuri (hg)	ppm sms	0,038	0,037	0,022	0,019
Cadmi (Cd)	ppm sms	<1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0

Ensayo a largo plazo para evaluar efectos de los lodos en la fertilización de los cereales de invierno



Lodos de EDAR de Palamós. Digestión anaerobia.
 Dosificaciones agronómicas

Tratamientos: 3 (Q, B, T)

Repeticiones: 4

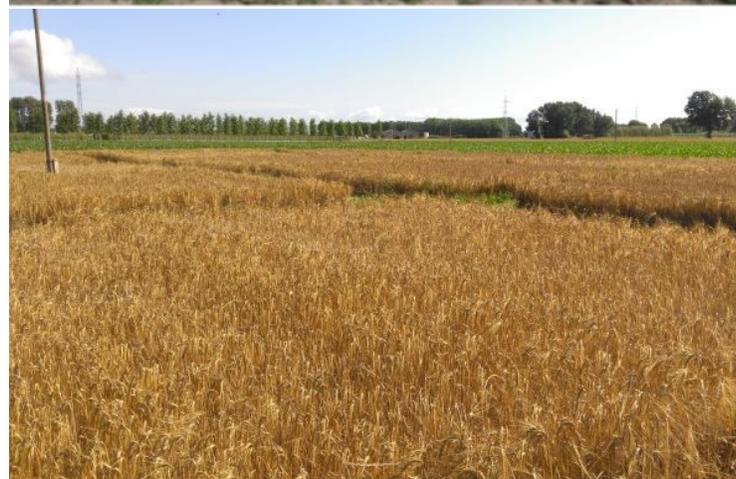
Diseño estadístico: Bloques al azar

Tamaño de la parcela elemental: 81 m² (9 x 9 m)

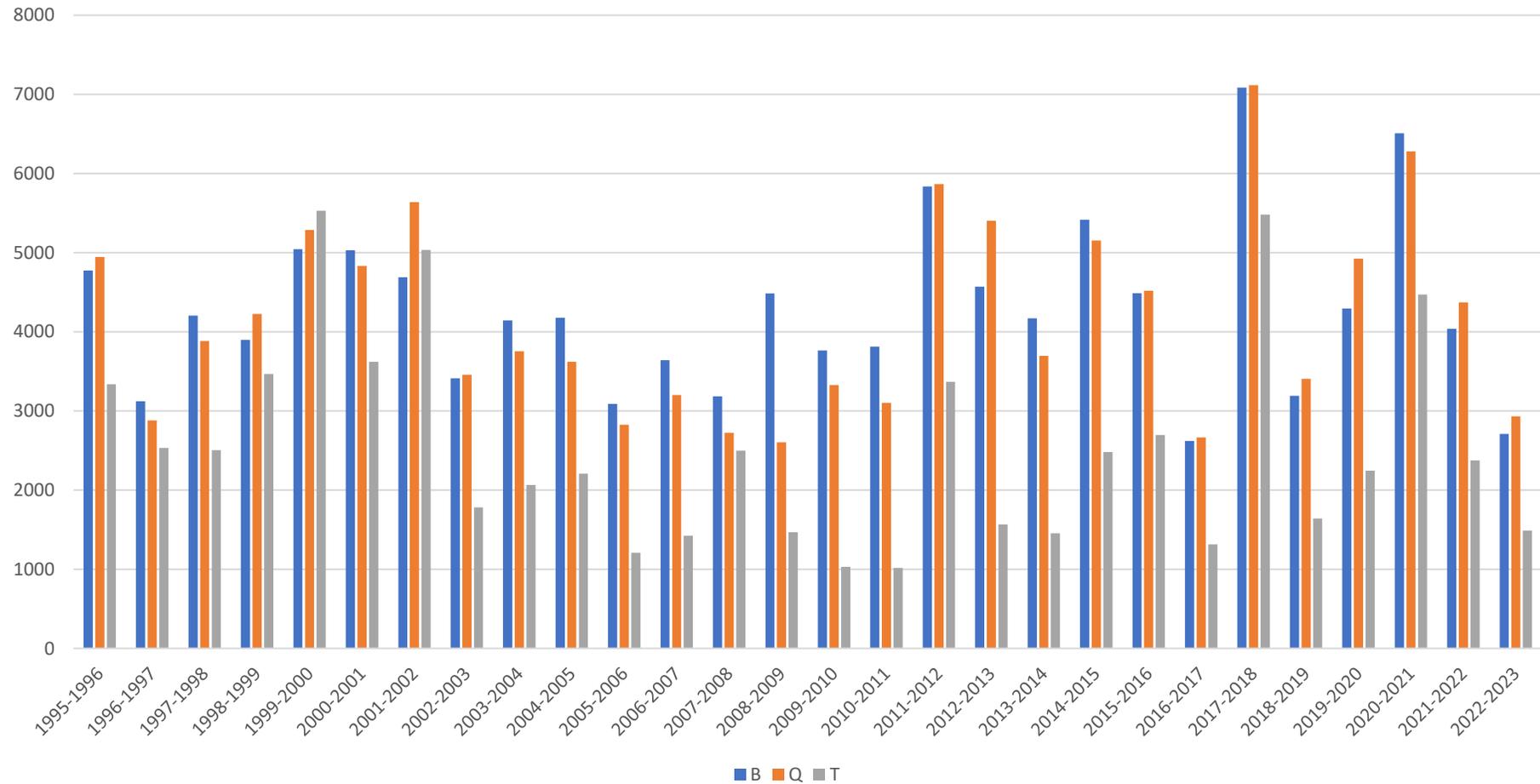
Tamaño del ensayo: 1.587 m²

Tratamiento	Fondo	Cobertera
Q	45/75/75 UF de N/P ₂ O ₅ /K ₂ O en forma mineral	45/0/0 UF en forma mineral
B	90/75/75 UF en forma de lodo EDAR. Complemento hasta 75 UF de K ₂ O en forma mineral	Res
T	Nada (no fertilizado)	Nada (no fertilizado)

Ensayo a largo plazo para evaluar efectos de los lodos en la fertilización de los cereales de invierno



EVOLUCIÓN AGRONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DEL ENSAYO DE CEREALES DE INVIERNO





COMPARACIÓN DE LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS Y CUALITATIVOS DEL ENSAYO DE CEREALES DE INVIERNO

TRACTAMENT	PRODUCCIÓ Kg/ha al 13% d'humitat	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	4.192,6	a
Mineral (Q)	4.164,8	a
Sense fertilització (T)	2.545,7	b
<i>Mitjana de l'assaig</i>		3634,3
<i>Diferència significativa mínima</i>		335,16
<i>Nivell de significació</i>		<.0001
<i>Coefficient de variació</i>		14,31

TRACTAMENT	HUMITAT (%)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	12,92	b
Mineral (Q)	12,88	b
Sense fertilització (T)	13,42	a
<i>Mitjana de l'assaig</i>		13,07
<i>Diferència significativa mínima</i>		335,16
<i>Nivell de significació</i>		<.0001
<i>Coefficient de variació</i>		0,236

TRACTAMENT	PES DE 1000 GRANS (g)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	37,05	a
Mineral (Q)	38,06	a
Sense fertilització (T)	36,88	a
<i>Mitjana de l'assaig</i>		37,33
<i>Diferència significativa mínima</i>		1,46
<i>Nivell de significació</i>		0,12
<i>Coefficient de variació</i>		5,85

TRACTAMENT	Pes hectolítric (kg/hl)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	61,51	a
Mineral (Q)	61,59	a
Sense fertilització (T)	60,88	a
<i>Mitjana de l'assaig</i>		61,32
<i>Diferència significativa mínima</i>		1,16
<i>Nivell de significació</i>		0,281
<i>Coefficient de variació</i>		2,93



COMPARACIÓN DE LOS PARAMETROS DE FERTILIDAD DEL SUELO EN EL ENSAYO DE CEREALES DE INVIERNO

TRACTAMENT	pH	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	8.13	b
Mineral (Q)	8.27	a
Sense fertilització (T)	8.30	a

Mitjana de l'assaig	8.237
Diferència significativa mínima	0.127
Nivell de significació	0.015
Coeficient de variació	0.708

TRACTAMENT	CE 25°C (dS/m)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	0.157	a
Mineral (Q)	0.140	a b
Sense fertilització (T)	0.137	b

Mitjana de l'assaig	0.145
Diferència significativa mínima	0.019
Nivell de significació	0.038
Coeficient de variació	6.189

TRACTAMENT	MO (%)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	1.127	a
Mineral (Q)	0.885	b
Sense fertilització (T)	0.777	c

Mitjana de l'assaig	0.930
Diferència significativa mínima	0.106
Nivell de significació	0.000
Coeficient de variació	5.282

TRACTAMENT	Nitrogen Total (% sms)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	0.082	a
Mineral (Q)	0.060	b
Sense fertilització (T)	0.067	a b

Mitjana de l'assaig	0.070
Diferència significativa mínima	0.017
Nivell de significació	0.019
Coeficient de variació	11.41



COMPARACIÓN DE LOS PARAMETROS DE FERTILIDAD DEL SUELO EN EL ENSAYO DE CEREALES DE INVIERNO

TRACTAMENT	P Olsen (mg/Kg sms)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	38.62	a
Mineral (Q)	13.85	b
Sense fertilització (T)	6.653	b

Mitjana de l'assaig	19.70
Diferència significativa mínima	10.33
Nivell de significació	0.000
Coefficient de variació	24.17

TRACTAMENT	Ca (mg/Kg sms)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	4804	b
Mineral (Q)	5005	a b
Sense fertilització (T)	5124	a

Mitjana de l'assaig	4978
Diferència significativa mínima	297.6
Nivell de significació	0.043
Coefficient de variació	2.755

TRACTAMENT	K (mg/Kg sms)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	132	a
Mineral (Q)	115	a
Sense fertilització (T)	106	a

Mitjana de l'assaig	117.8
Diferència significativa mínima	31.74
Nivell de significació	0.107
Coefficient de variació	12.41

TRACTAMENT	Mg (mg/Kg sms)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	78	a
Mineral (Q)	75	a
Sense fertilització (T)	79	a

Mitjana de l'assaig	77.3
Diferència significativa mínima	15.0
Nivell de significació	0.71
Coefficient de variació	8.95

TRACTAMENT	Na (mg/Kg sms)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	30.8	a
Mineral (Q)	27.2	a
Sense fertilització (T)	26.7	a

Mitjana de l'assaig	28.3
Diferència significativa mínima	7.87
Nivell de significació	0.28
Coefficient de variació	12.8



COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES EN EL SUELO EN EL ENSAYO DE CEREALES DE INVIERNO

TRACTAMENT	Cu (mg/Kg sms)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	46.5	a
Mineral (Q)	40.7	b
Sense fertilització (T)	39.7	b

Mitjana de l'assaig	42.3
Diferència significativa mínima	4.56
Nivell de significació	0.008
Coeficient de variació	4.96

TRACTAMENT	Ni (mg/Kg sms)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	16.0	a
Mineral (Q)	16.0	a
Sense fertilització (T)	15.7	a

Mitjana de l'assaig	15.91
Diferència significativa mínima	1.08
Nivell de significació	0.729
Coeficient de variació	3.141

TRACTAMENT	Pb (mg/Kg sms)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	21.4	a
Mineral (Q)	20.2	a b
Sense fertilització (T)	20.0	b

Mitjana de l'assaig	20.54
Diferència significativa mínima	1.212
Nivell de significació	0.028
Coeficient de variació	2.721

TRACTAMENT	Zn (mg/Kg sms)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	79.0	a
Mineral (Q)	69.7	b
Sense fertilització (T)	69.5	b

Mitjana de l'assaig	72.75
Diferència significativa mínima	3.047
Nivell de significació	0.000
Coeficient de variació	1.930

COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES EN EL SUELO EN EL ENSAYO DE CEREALES DE INVIERNO

TRACTAMENT	Cr (mg/Kg sms)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	18.6	a
Mineral (Q)	18.0	a
Sense fertilització (T)	17.7	a
<i>Mitjana de l'assaig</i>		18.25
<i>Diferència significativa mínima</i>		1.316
<i>Nivell de significació</i>		0.191
<i>Coeficient de variació</i>		3.347

TRACTAMENT	As (mg/Kg sms)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	13.6	a
Mineral (Q)	14.0	a
Sense fertilització (T)	13.7	a
<i>Mitjana de l'assaig</i>		13.79
<i>Diferència significativa mínima</i>		1.316
<i>Nivell de significació</i>		0.689
<i>Coeficient de variació</i>		4.398

TRACTAMENT	Co (mg/Kg sms)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	0.653	a
Mineral (Q)	0.512	b
Sense fertilització (T)	0.452	b
<i>Mitjana de l'assaig</i>		0.539
<i>Diferència significativa mínima</i>		0.061
<i>Nivell de significació</i>		0.000
<i>Coeficient de variació</i>		5.212

TRACTAMENT	Mn (mg/Kg sms)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs (B)	316.9	a
Mineral (Q)	313.4	a
Sense fertilització (T)	304.9	a
<i>Mitjana de l'assaig</i>		311.7
<i>Diferència significativa mínima</i>		27.01
<i>Nivell de significació</i>		0.437
<i>Coeficient de variació</i>		3.993

Mercurio (Hg). las muestras han sido inferiores a 0,4 mg/Kg (sms) de mercurio.

Cadmio (Cd). las muestras han sido inferiores a 0,5 mg/Kg (sms) de cadmio.

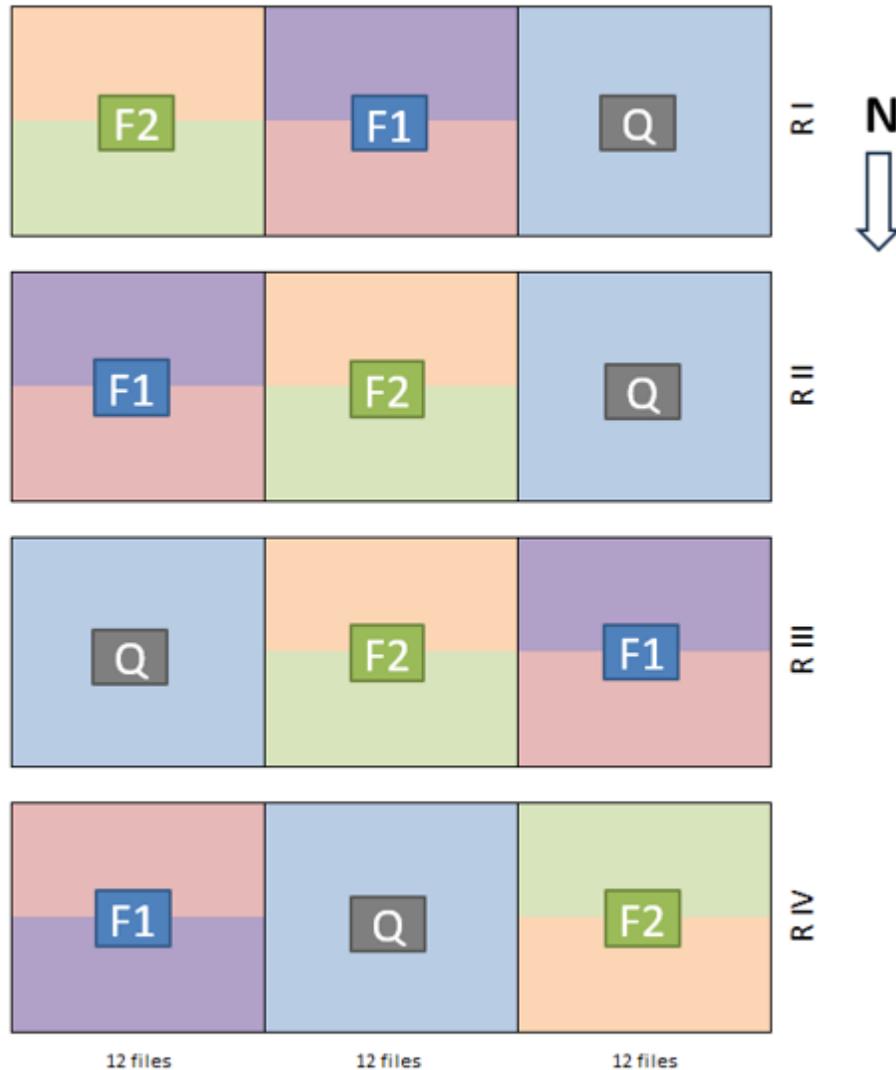
Antimonio (Sb). las muestras han sido inferiores a 5 mg/Kg (sms) de antimonio.

Cromo Hexavalente (Cr VI). las muestras han sido inferiores a 0,5 mg/Kg (sms) de cromo hexavalente.

Selenio (Se). las muestras han sido inferiores a 1,5 mg/Kg (sms) de selenio.

Plata (Ag). las muestras han sido inferiores a 5,0 mg/Kg (sms) de plata.

Ensayo a largo plazo para evaluar efectos de los lodos en la fertilización en maíz.



Lodos de EDAR de Palamós. Digestión anaerobia.
 Dosificaciones agronómicas

1996-2005:

Tratamientos: 3 (Q, F1, F2)

Repeticiones: 4

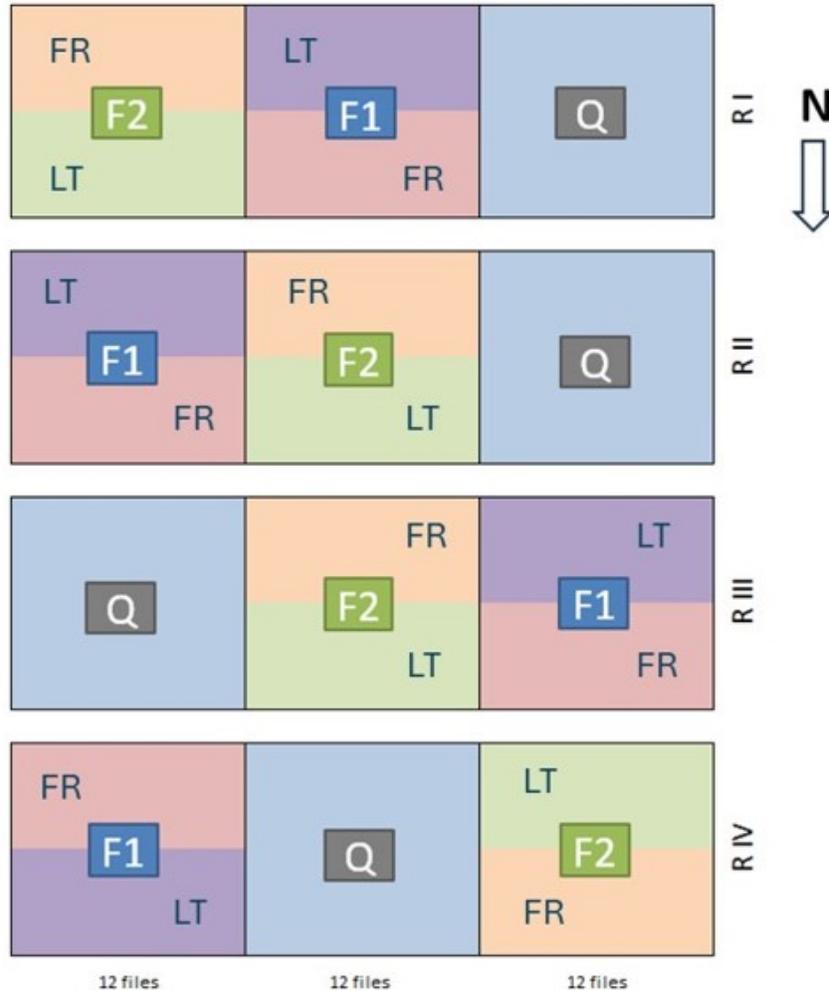
Diseño estadístico: Bloques al azar

Tamaño de la parcela elemental: 81,6 m² (8,5 x 9,6 m)

Tamaño del ensayo: 1.270 m²

Tratamiento	Fondo	Cobertera
Q	100/100/100 UF de N/P ₂ O ₅ /K ₂ O en forma mineral	70/0/0 UF en forma mineral
F1	170/ - /100 UF en forma de lodo EDAR. Complemento hasta 100 UF de K ₂ O en forma mineral	Res
F2	100/ - / - UF en forma de lodo EDAR.	70/ - / en forma mineral

Ensayo a largo plazo para evaluar efectos de los lodos en la fertilización en maíz.



2006-2023:

Tratamientos: 5 (Q, F1_LT, F1_FR; F2_LT i F2_FR)

Repeticiones: 4

Diseño estadístico: Split-plot

Tratamiento	Fondo	Cobertera
Q	100/100/100 UF de N/P ₂ O ₅ /K ₂ O en forma mineral	70/0/0 UF en forma mineral
F1_LT	170/ - /100 UF en forma de lodo EDAR. Complemento hasta a 100 UF de K ₂ O en forma mineral	Res
F1_FR	Igual que F1_LT. Al acercarse al límite de P admisible, dosificar con criterio N y no volver a aplicar hasta que se haya absorbido el P aportado.	Res
F2_LT	100/ - / - UF en forma de lodo EDAR.	70/ - / en forma mineral
F2_FR	Igual que F2_LT. En acercarse al límite de P admisible, dosificar criterio N y no volver a aplicar hasta que se haya absorbido el P aportado.	70/ - / en forma mineral

Ensayo a largo plazo para evaluar efectos de los lodos en la fertilización en maíz.



COMPARACIÓN DE LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS Y CUALITATIVOS DEL ENSAYO DE CEREALES DE VERANO (MAÍZ)

TRACTAMENT	PRODUCCIÓ (Kg/ha al 14% d'humitat)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
F1_LT	14.669	a
F1_FR	14.731	a
F2_LT	14.648	a
F2_FR	14.079	a b
Mineral (Q)	13.549	b
<i>Mitjana de l'assaig</i>		14.332
<i>Nivell de significació</i>		<.0001
<i>Coefficient de variació</i>		7.098

TRACTAMENT	PES HECOLÍTRIC (Kg/hl)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
F1_LT	73,004	a
F1_FR	71,934	a
F2_LT	72,219	a
F2_FR	71,885	a
Mineral (Q)	71,687	a
<i>Mitjana de l'assaig</i>		72.187
<i>Nivell de significació</i>		0.000
<i>Coefficient de variació</i>		1.226



TRACTAMENT	PES 1000 GRANS (g)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
F1_LT	378,7	a
F1_FR	377,6	a
F2_LT	385,3	a
F2_FR	383,1	a
Mineral (Q)	375,2	a
<i>Mitjana de l'assaig</i>		379.8
<i>Nivell de significació</i>		<.183
<i>Coefficient de variació</i>		3.743



COMPARACIÓN DE LOS PARAMETROS DE FERTILIDAD DEL SUELO EN EL ENSAYO DE MAÍZ

TRACTAMENT	pH	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	7.97	c
Fangs F1-FR	8.02	b c
Fangs F2-LT + Mineral	8.07	a b
Fangs F2-FR + mineral	8.10	a b
Mineral Q	8.15	a

Mitjana de l'assaig	8.065
Diferència significativa mínima	0.987
Nivell de significació	0.001
Coeficient de variació	0.543

TRACTAMENT	CE	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	0.235	a
Fangs F1-FR	0.222	a
Fangs F2-LT + Mineral	0.210	a
Fangs F2-FR + mineral	0.210	a
Mineral Q	0.207	a

Mitjana de l'assaig	0.217
Diferència significativa mínima	0.054
Nivell de significació	0.480
Coeficient de variació	11.15

TRACTAMENT	Matèria Orgànica	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	1.39	a
Fangs F1-FR	1.30	a b
Fangs F2-LT + Mineral	1.31	a b
Fangs F2-FR + mineral	1.16	a b
Mineral Q	1.11	b

Mitjana de l'assaig	1.255
Diferència significativa mínima	0.241
Nivell de significació	0.017
Coeficient de variació	8.522

TRACTAMENT	Nitrogen	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	0.095	a
Fangs F1-FR	0.082	a
Fangs F2-LT + Mineral	0.087	a
Fangs F2-FR + mineral	0.087	a
Mineral Q	0.075	a

Mitjana de l'assaig	0.085
Diferència significativa mínima	0.023
Nivell de significació	0.155
Coeficient de variació	12.13



COMPARACIÓN DE LOS PARAMETROS DE FERTILIDAD DEL SUELO EN EL ENSAYO DE MAÍZ

TRACTAMENT	Fòsfor	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	66.9	a
Fangs F1-FR	48.5	a b
Fangs F2-LT + Mineral	29.7	b c
Fangs F2-FR + mineral	27.0	c
Mineral Q	12.0	c

Mitjana de l'assaig	36.84
Diferència significativa mínima	21.43
Nivell de significació	0.000
Coefficient de variació	25.81

TRACTAMENT	Calci	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	4596	c
Fangs F1-FR	4751	b c
Fangs F2-LT + Mineral	4756	b c
Fangs F2-FR + mineral	4818	b
Mineral Q	5029	a

Mitjana de l'assaig	4790
Diferència significativa mínima	184.5
Nivell de significació	0.001
Coefficient de variació	1.709

TRACTAMENT	Potassi	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	87.0	a
Fangs F1-FR	82.5	a
Fangs F2-LT + Mineral	87.0	a
Fangs F2-FR + mineral	101.0	a
Mineral Q	97.0	a

Mitjana de l'assaig	90.90
Diferència significativa mínima	32.81
Nivell de significació	0.387
Coefficient de variació	16.02

TRACTAMENT	Magnesi	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	132.5	a
Fangs F1-FR	119.5	a
Fangs F2-LT + Mineral	125.2	a
Fangs F2-FR + mineral	127.2	a
Mineral Q	120.2	a

TRACTAMENT	Na	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	64.7	a
Fangs F1-FR	58.2	a
Fangs F2-LT + Mineral	56.2	a
Fangs F2-FR + mineral	52.0	a
Mineral Q	50.5	a

Mitjana de l'assaig	56.35
Diferència significativa mínima	16.23
Nivell de significació	0.102
Coefficient de variació	012.78



COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LOS PARAMETROS DE METALES EN EL SUELO EN EL ENSAYO DE MAÍZ

TRACTAMENT	Coure (Cu)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	49.5	a
Fangs F1-FR	49.2	a
Fangs F2-LT + Mineral	47.0	a b
Fangs F2-FR + mineral	47.2	a b
Mineral Q	44.2	b

Mitjana de l'assaig	47.45
Diferència significativa mínima	4.687
Nivell de significació	0.024
Coefficient de variació	4.382

TRACTAMENT	Níquel (Ni)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	15.75	a
Fangs F1-FR	15.75	a
Fangs F2-LT + Mineral	15.75	a
Fangs F2-FR + mineral	15.00	a
Mineral Q	15.50	a

Mitjana de l'assaig	15.55
Diferència significativa mínima	1.526
Nivell de significació	0.480
Coefficient de variació	4.354

TRACTAMENT	Plom (Pb)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	20.25	a
Fangs F1-FR	19.75	a
Fangs F2-LT + Mineral	19.75	a
Fangs F2-FR + mineral	18.50	a
Mineral Q	15.25	b

Mitjana de l'assaig	18.70
Diferència significativa mínima	2.836
Nivell de significació	0.001
Coefficient de variació	6.728

TRACTAMENT	Zenc (Zn)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	82.25	a
Fangs F1-FR	79.25	a b
Fangs F2-LT + Mineral	76.75	a b
Fangs F2-FR + mineral	74.75	b c
Mineral Q	68.75	c

Mitjana de l'assaig	76.35
Diferència significativa mínima	6.824
Nivell de significació	0.001
Coefficient de variació	3.965



COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LOS PARAMETROS DE METALES EN EL SUELO EN EL ENSAYO DE MAÍZ

TRACTAMENT	Crom (Cr)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	18.5	a
Fangs F1-FR	17.8	a
Fangs F2-LT + Mineral	18.0	a
Fangs F2-FR + mineral	18.3	a
Mineral Q	17.0	a

Mitjana de l'assaig	17.90
Diferència significativa mínima	1.919
Nivell de significació	0.188
Coefficient de variació	4.757

TRACTAMENT	Cobalt (Co)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	0.805	a
Fangs F1-FR	0.755	a b
Fangs F2-LT + Mineral	0.760	a b
Fangs F2-FR + mineral	0.670	a b
Mineral Q	0.647	b

Mitjana de l'assaig	0.727
Diferència significativa mínima	0.137
Nivell de significació	0.016
Coefficient de variació	8.378

TRACTAMENT	Arsènic (As)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	14.25	a
Fangs F1-FR	14.50	a
Fangs F2-LT + Mineral	14.50	a
Fangs F2-FR + mineral	14.00	a
Mineral Q	14.75	a

Mitjana de l'assaig	14.40
Diferència significativa mínima	1.285
Nivell de significació	0.444
Coefficient de variació	3.956

TRACTAMENT	Manganès (Mn)	SEPARACIÓ DE MITJANES Tukey test ($\alpha=0,05$)
Fangs F1-LT	331.7	a
Fangs F1-FR	331.9	a
Fangs F2-LT + Mineral	330.0	a
Fangs F2-FR + mineral	331.0	a
Mineral Q	348.0	a

Mitjana de l'assaig	334.5
Diferència significativa mínima	18.5
Nivell de significació	0.044
Coefficient de variació	2.453

Mercurio (Hg) las muestras han sido inferiores a 0,4 mg/Kg (sms) de mercurio.

Cadmio (Cd) las muestras han sido inferiores a 0,5 mg/Kg (sms) de cadmi.

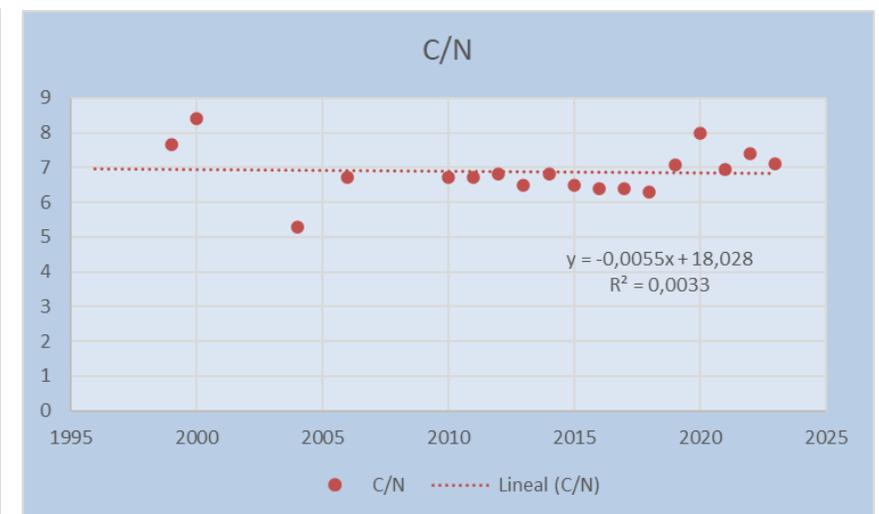
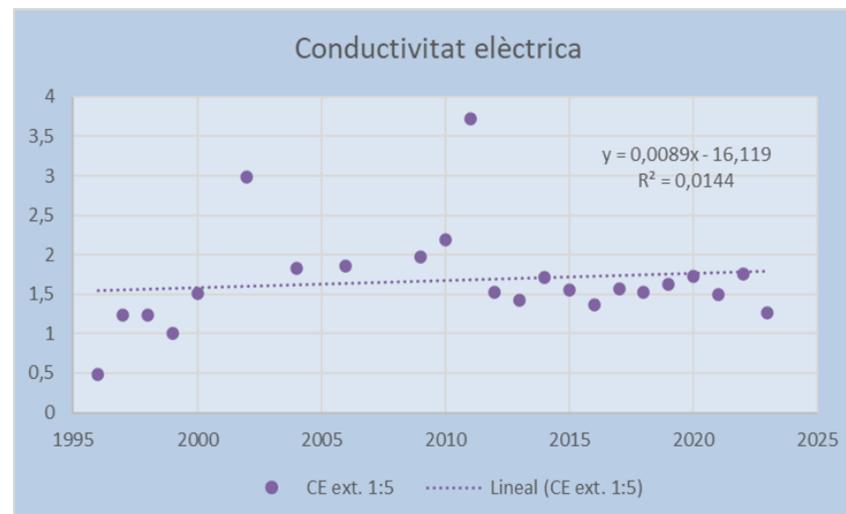
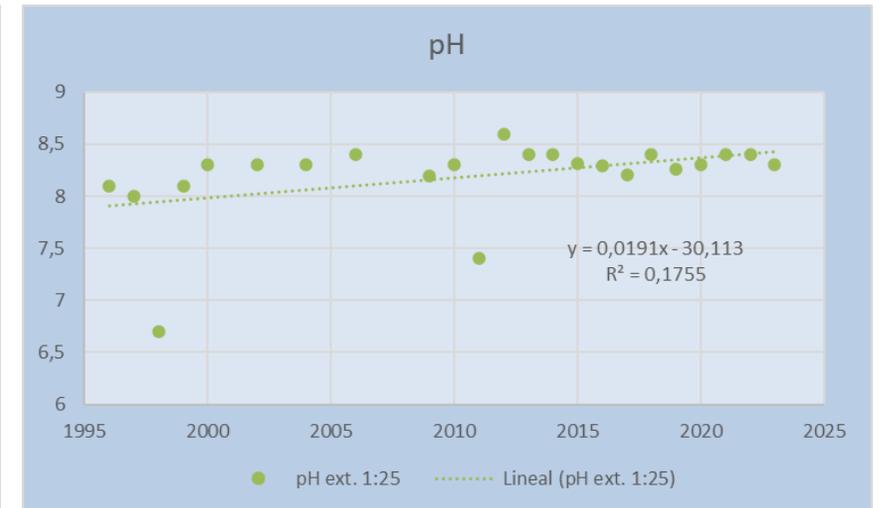
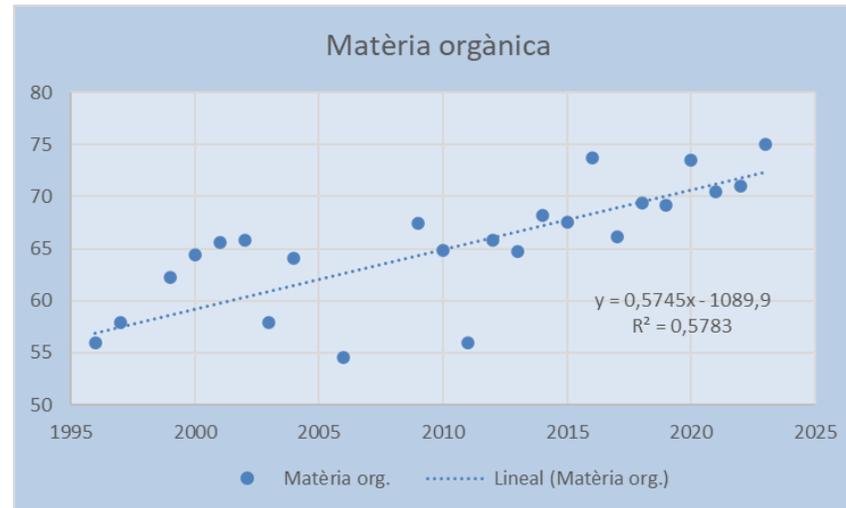
Antimonio (Sb) las muestras han sido inferiores a 5 mg/Kg (sms) de antimonio.

Cromo hexavalente (Cr VI) las muestras han sido inferiores a 0,5 mg/Kg (sms) de cromo hexavalente.

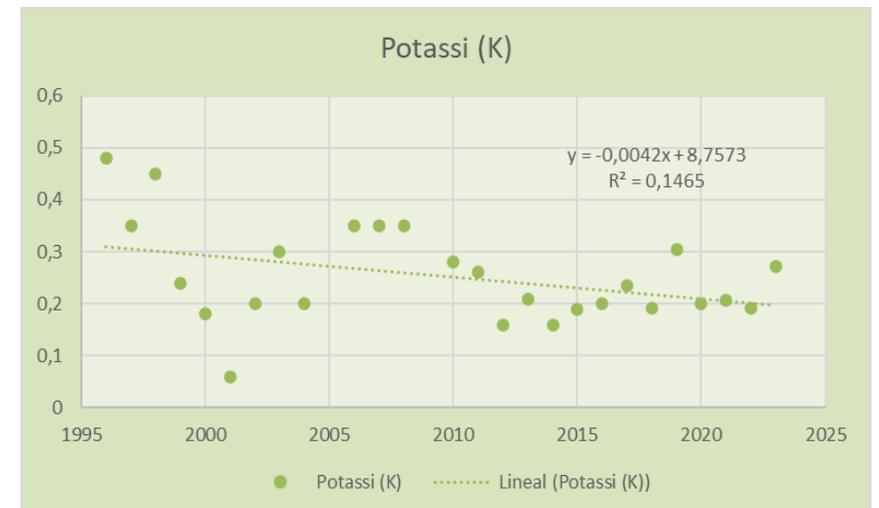
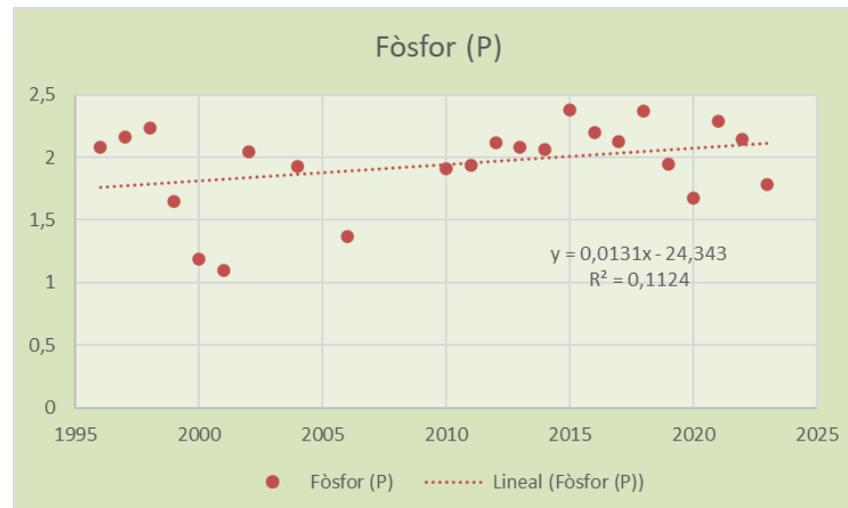
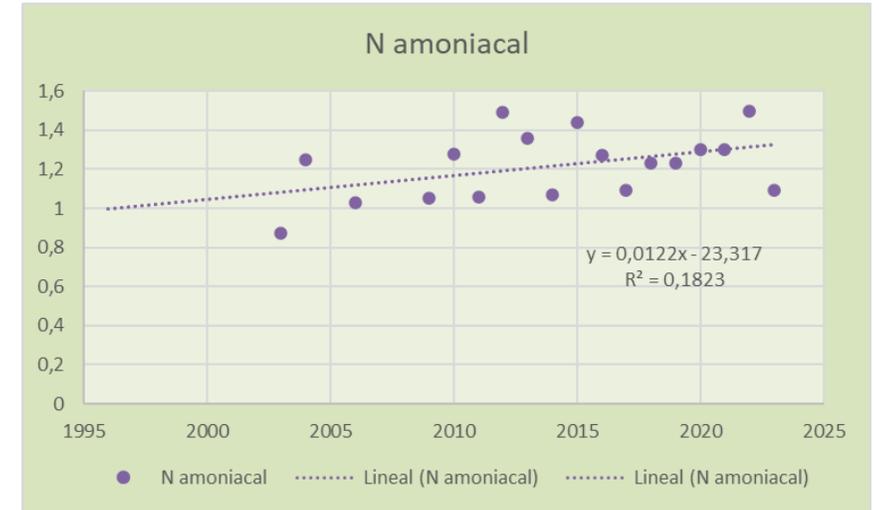
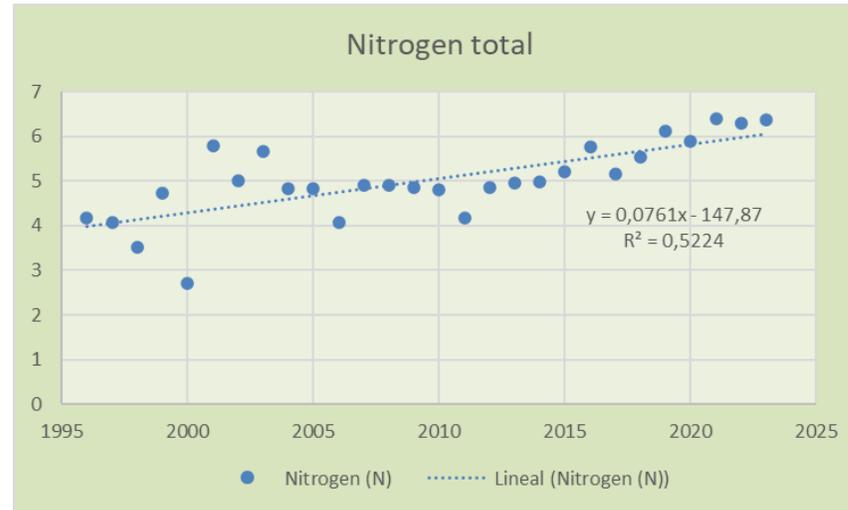
Selenio (Se) las muestras han sido inferiores a 1.5 mg/Kg (sms) de selenio.

Plata (Ag) las muestras han sido inferiores a 5 mg/Kg (sms) de plata.

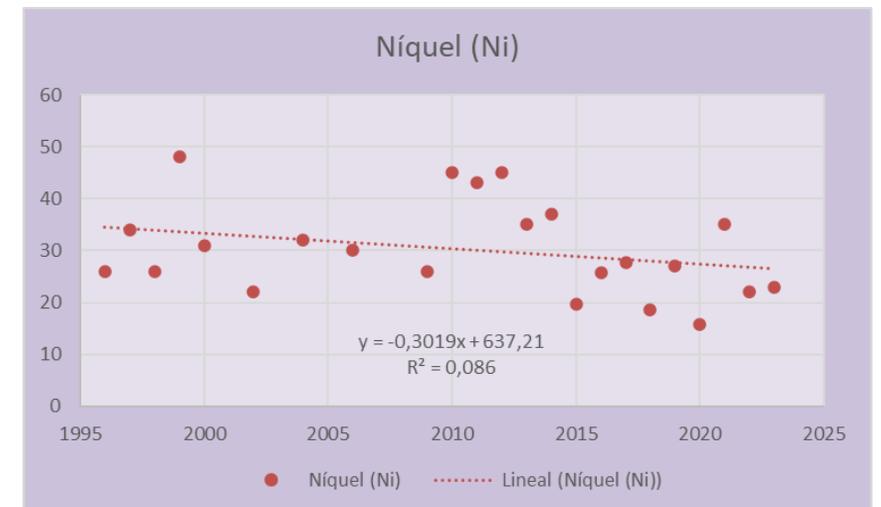
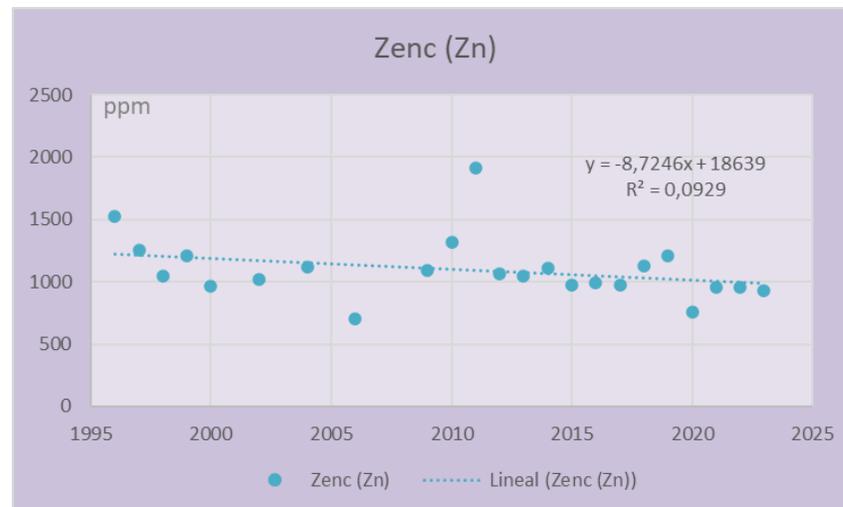
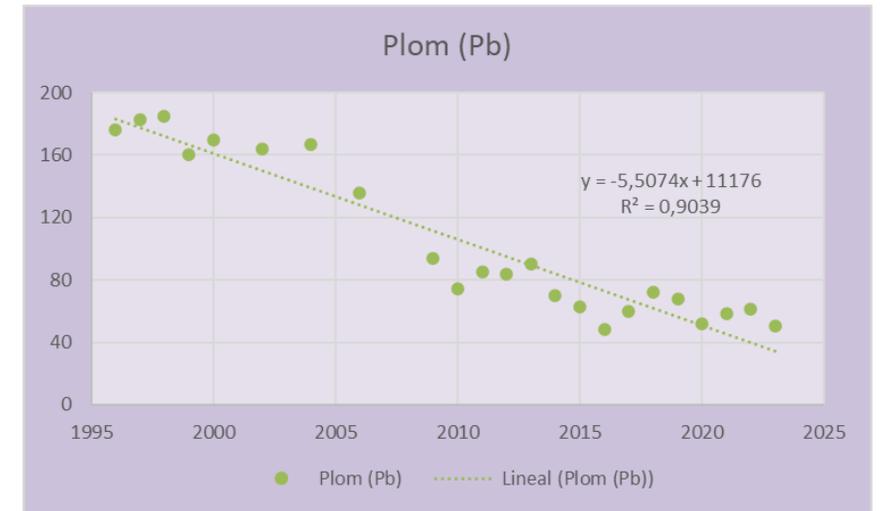
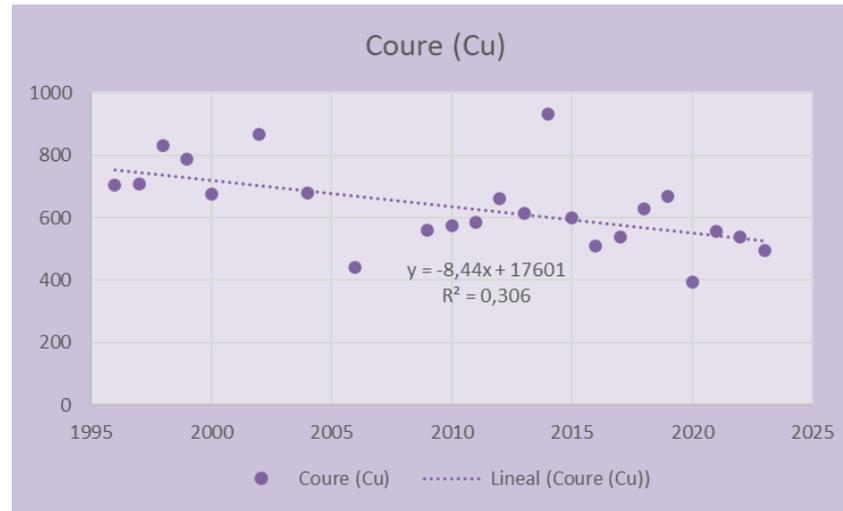
EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE FERTILIZANTE, NUTRIENTES Y METALES DE LOS LODOS A LO LARGO DE LOS AÑOS.



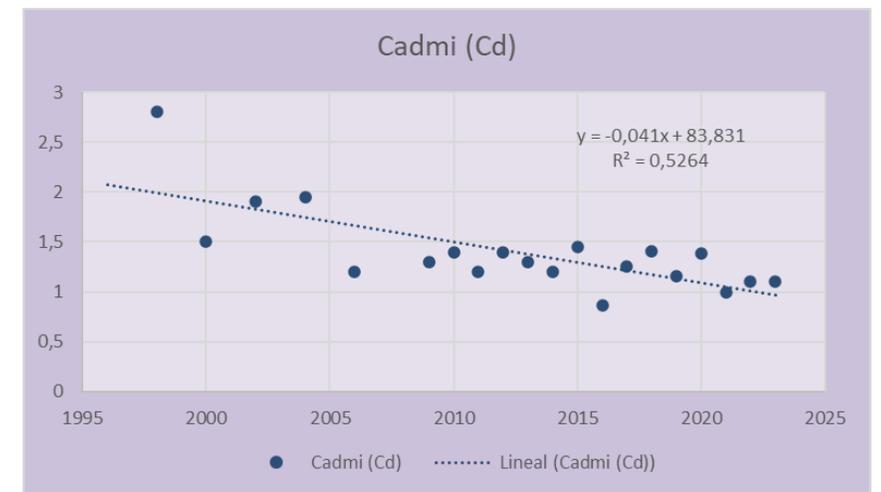
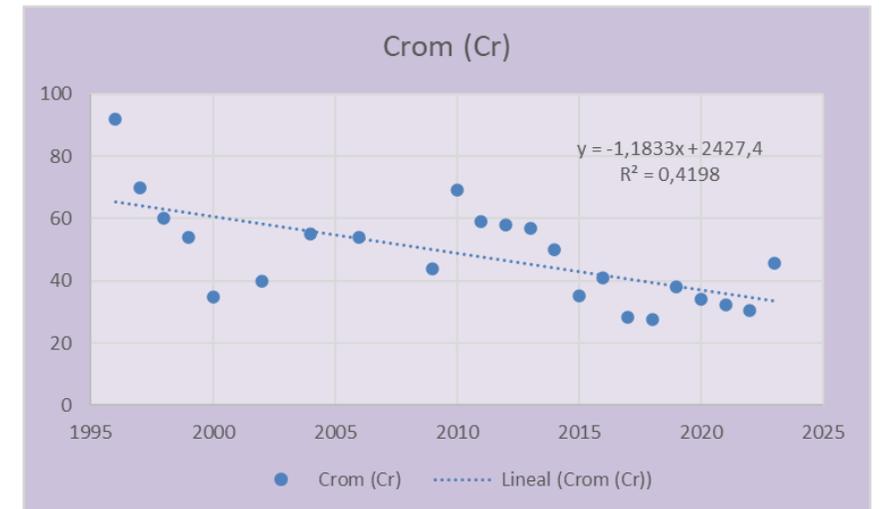
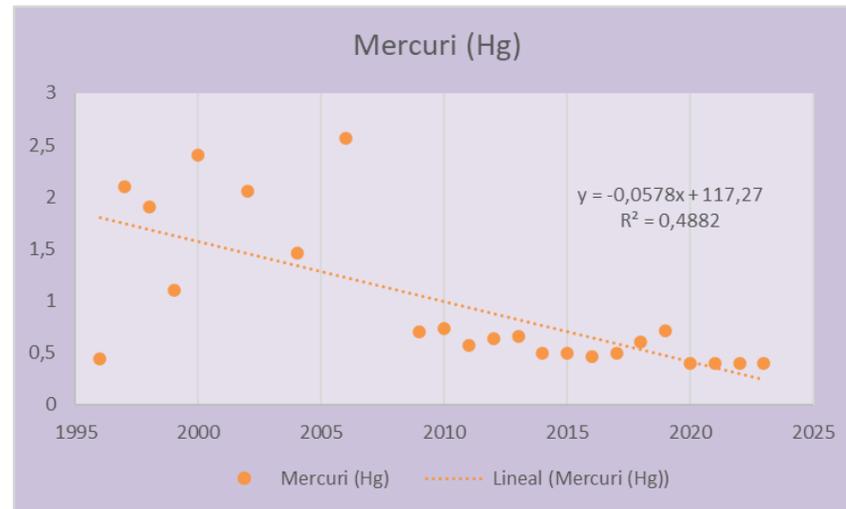
EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE FERTILIZANTE, NUTRIENTES Y METALES DEL LODO PRODUCIDO POR LA EDAR DE PALAMÓS A LO LARGO DE LOS AÑOS.



EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE FERTILIZANTE, NUTRIENTES Y METALES DEL LODO PRODUCIDO POR LA EDAR DE PALAMÓS A LO LARGO DE LOS AÑOS.



EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE FERTILIZANTE, NUTRIENTES Y METALES DEL LODO PRODUCIDO POR LA EDAR DE PALAMÓS A LO LARGO DE LOS AÑOS.



CONCLUSIONES: parámetros productivos y agronómicos.

- La fertilización de los cereales de invierno con lodos EDAR, en dosificaciones agronómicas no presentan diferencias estadísticas con abonado estándar de abonos minerales. Los parámetros de calidad de la producción tampoco presentan diferencias significativas. Los lodos EDAR, pueden tener una capacidad fertilizante similar a los abonos minerales.
- La productividad del maíz fertilizado con lodos EDAR en base a la totalidad de las necesidades nitrogenadas se muestra superior y estadísticamente diferentes a la fertilización con fertilizantes minerales. No hay diferencias entre los parámetros de calidad de la producción evaluados.
- La fertilización con lodos EDAR en dosificaciones agronómicas en los cultivos de cereal de invierno (cebada) y cereales de verano (maíz) aumentan el contenido de materia orgánica (MO) del suelo, respecto a la fertilización mineral.
- La fertilización con lodos EDAR en dosificaciones agronómicas, en base a la riqueza en nitrógeno provoca un aumento del contenido de fósforo al suelo. El tratamiento que ha recibido más cantidad de lodos a lo largo de estos años (F1_LT del ensayo de maíz) presenta, después de 28 años, una concentración de 66,9 mg de P (método Olsen)/ per Kg de suelo seco. Actualmente, **el límite máximo, para una fertilización sostenible está establecida legalmente en 80 mg de P/ por Kg de suelo seco.**
- **Al aproximarse al límite de la conclusión anterior, dado que no resulta viable (técnica y económicamente) dosificar la fertilización con lodos a partir del criterio de fósforo, su puede proponer un cambio de criterio de aportación a partir del cual se realicen aportaciones en base a la riqueza en nitrógeno, pero no se vuelvan a aportar lodos los años siguientes hasta que el fósforo aportado no sea consumido por el cultivo.** A efectos prácticos, en función del cultivo y sus extracciones, se podrían aportar lodos para la fertilización del cultivo de un año, cada tres o cuatro años.

CONCLUSIONES: concentraciones de metales en el suelo.

La concentración de metales en el suelo se ha mantenido siempre bastante inferior a los límites legales establecido por la legislación vigente.

- Los tratamientos fertilizantes con lodos EDAR presentan unos niveles de concentración significativamente más altos respecto a la fertilización mineral en cobre (Cu), zinc (Zn) y cobalto (Co). También en relación al plomo (Pb) en el ensayo de maíz.
- La aportación más desfavorable de metales al suelo por la fertilización con lodos EDAR es el Cobre. En 28 años pasa de 40 mg/Kg (en el tratamiento F1_LT del ensayo de maíz) a 49,5 mg/Kg. Mientras que el contenido máximo permitido en suelos agrarios de reacción básica (como es el caso) es de 100 mg/Kg.
- Los contenidos de níquel (Ni), Cromo total (Cr), Arsénico (As) y manganes (Mn) no tienen diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización de los dos ensayos.
- Los contenidos de mercurio (Hg), cadmio (Cd), antimonio (Sb), cromo hexavalente (Cr VI), selenio (Se) y plata (Ag) presentan niveles inferiores al límite de detección estándar per estos tipos de análisis.



An aerial photograph of an agricultural research facility. The image shows a large, rectangular field of golden-brown crops, likely wheat, in the center. To the left is a large, green, rectangular pond. In the upper right, there are several buildings, including a large white one, surrounded by trees and a parking lot. In the lower right, there are rows of dark green trees, possibly a vineyard or orchard. The overall scene is a mix of agricultural fields, water, and research infrastructure.

IRTA

Institut
de Recerca i Tecnologia
Agroalimentàries

Gracias

Nivel de concentración de metales en el grano al vigésimo año del ensayo de cereales de invierno.

- ✓ *Los niveles de EPT en la producción no fueron diferentes entre los tratamientos químico y lodos, excepto en As en el grano de cebada.*

