

Uso agrícola de lodos de EDAR

Hacia un modelo descentralizado en la gestión de los residuos
I Jornadas de Formación del COR. Xàtiva, 28 octubre 2017

Rodolfo Canet Castelló

[Profesor de Investigación / Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible]

E-mail: canet_rod@gva.es

<http://www.ivia.gva.es/centro-de-desarrollo-de-agricultura-sostenible>

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

¿Qué son los lodos de EDAR?

- Los lodos o fangos son el residuo orgánico generado en la actividad de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR)
- En su forma más común, son un material pastoso de color parduzco o grisáceo oscuro, de olor variable en función del tratamiento de estabilización sufrido
- Su uso agrícola es rutinario y tan antiguo como la actividad de depuración de aguas
- Está regido por normativas legales: RD 1310/1990, Orden AAA/1072/2013 (nacionales) y Orden 22/2017 en la CV

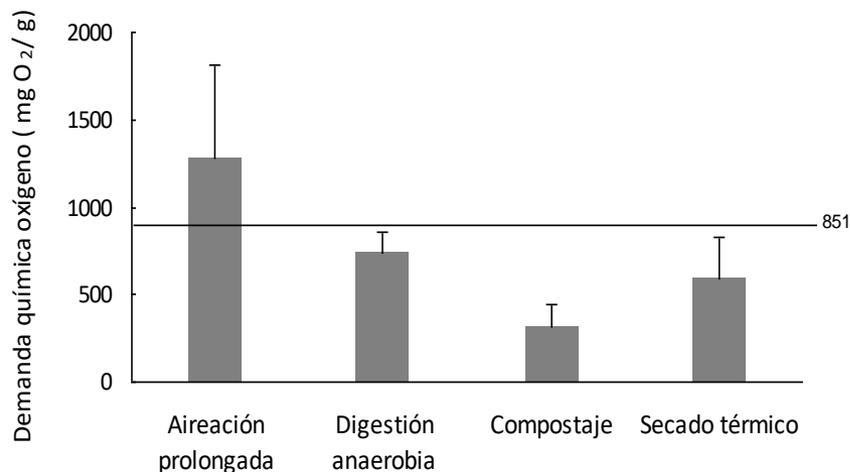
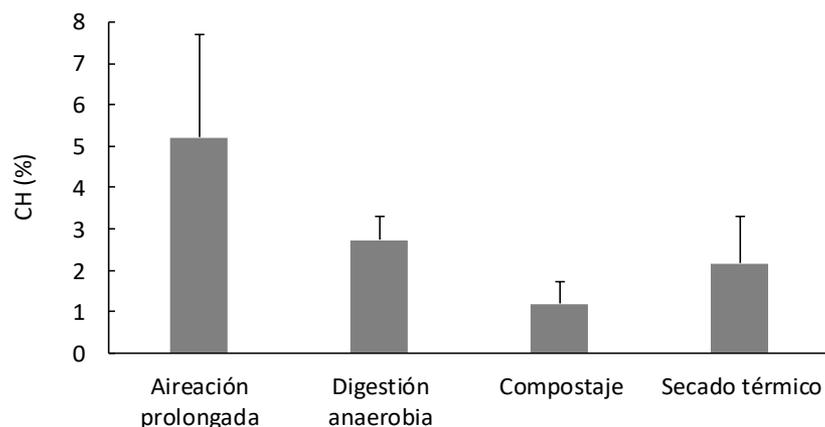
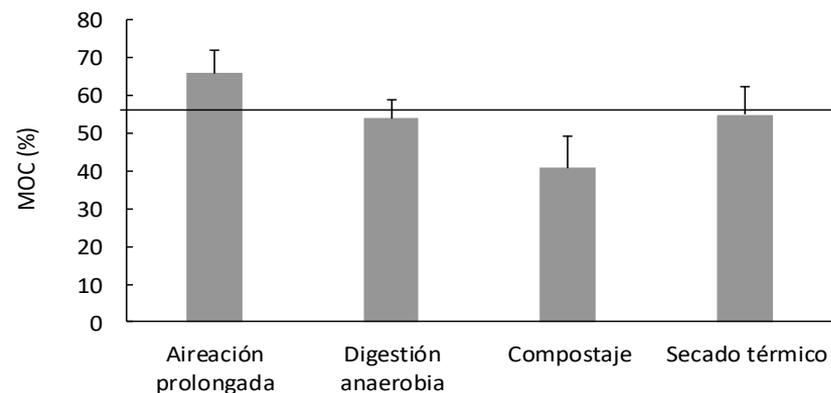
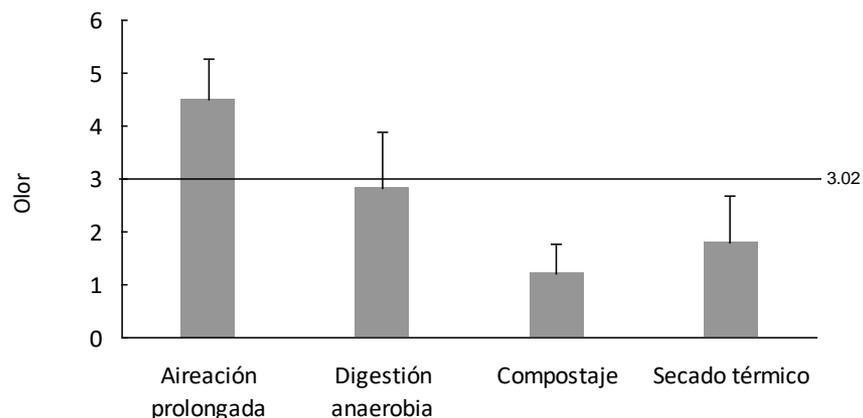


Tratamientos de estabilización de los lodos

- Los lodos de EDAR sin tratar **no** pueden usarse en agricultura
- Los tratamientos son diversos, pero en nuestra Comunidad destacan:
 - Aireación prolongada
 - Digestión anaerobia
 - Secado térmico
 - Compostaje



Tratamientos de estabilización de los lodos



Resultados obtenidos en el marco del convenio *Caracterización microbiológica de lodos y suelos. Establecimiento de indicadores sobre fermentabilidad de los lodos*, establecido entre el IVIA y Depuración de Aguas del Mediterráneo (DAM), con la cooperación de la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales (EPSAR)

Características de los lodos

	Rango (mínimo – máximo)	Media
Materia seca (%)	0,9 – 95,4	31,6
Materia orgánica (% SMS)	55,3 – 89,0	76,1
pH (1:25)	6,1 – 7,9	6,9
Nitrógeno (% SMS)	4,2 – 10,8	6,4
Fósforo (% P₂O₅ SMS)	2,0 – 7,4	4,4
Potasio (% K₂O SMS)	0,12 – 1,05	0,46
Calcio (% CaO SMS)	2,3 – 14,0	5,5
Magnesio (% MgO SMS)	0,26 – 1,63	0,39
Hierro (% FeO SMS)	0,15 – 8,55	1,14

Muestras de lodos de EDAR analizadas en 2016 (75 lodos)

Liberación de los nutrientes en los lodos

288

M. D. Serna, F. Pomares

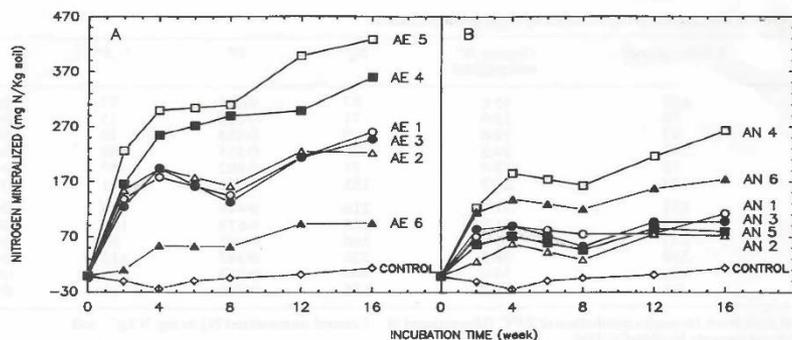


Fig. 1. Cumulative amounts of N mineralized in aerobically (A) and anaerobically (B) digested sludges during aerobic incubation in relation to incubation time.

Fuente: Serna, M. D. y Pomares, F. Plant and Soil, 139: 15-21 (1992)

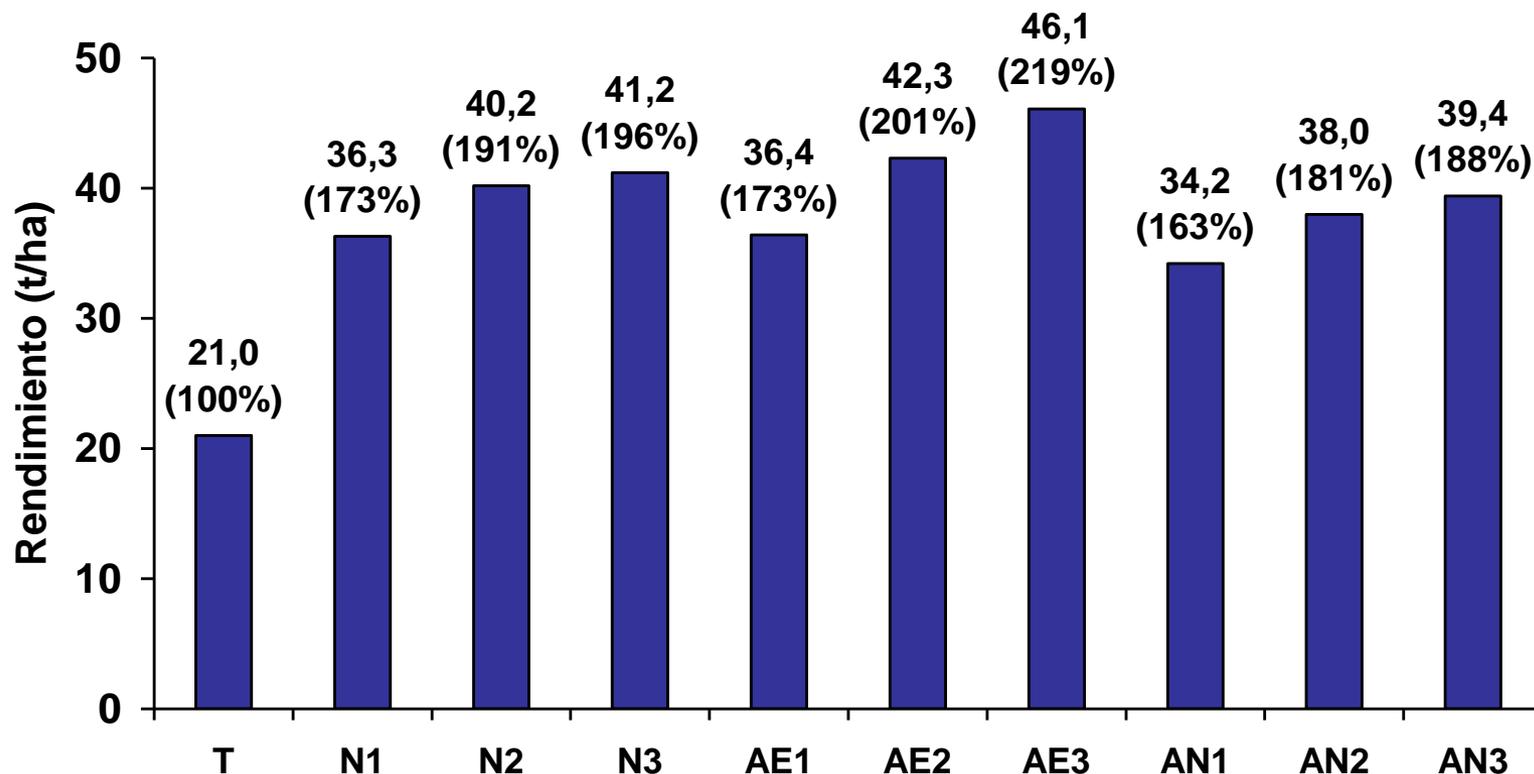
Lodo	Nitrógeno mineralizado (mg N/kg suelo)	Nitrógeno mineralizado (% N orgánico)
Lodos digestión anaerobia		
AN1 (Madrid 1)	105	46
AN2 (Castellón)	74	14
AN3 (Pinedo)	97	20
AN4 (Alicante)	262	29
AN5 Madrid 2)	78	17
AN6 (Butarque)	174	28
Media	131	25,6
Lodos digestión aerobia		
AE1 (Burriana)	251	32
AE2 (Villarreal)	223	38
AE3 (Elda)	247	40
AE4 (Sagunto)	359	38
AE5 (Oliva)	428	34
AE6 (Paterna)	95	24
Media	267	34,3

Fuente de fósforo	Fósforo absorbido por las plantas respecto al superfosfato de cal (%)		
	Suelo franco - arenoso	Suelo franco	Promedio
Superfosfato de cal	100	100	100
EDAR Valencia	79	92	85
EDAR Oliva	51	82	66
EDAR Madrid	93	63	78
EDAR Palencia	39	26	32
Compost de RSU	20	38	29

Fuente: Pomares, F. y colaboradores

Rendimiento agronómico

COMPARACIÓN ENTRE DOS CLASES DE LODOS DE DEPURADORA Y LA FERTILIZACIÓN MINERAL NITROGENADA EN LA PRODUCCIÓN DE PATATAS



T: 0 kg N/ha

N1: 100 "

N2: 200 "

N3: 300 "

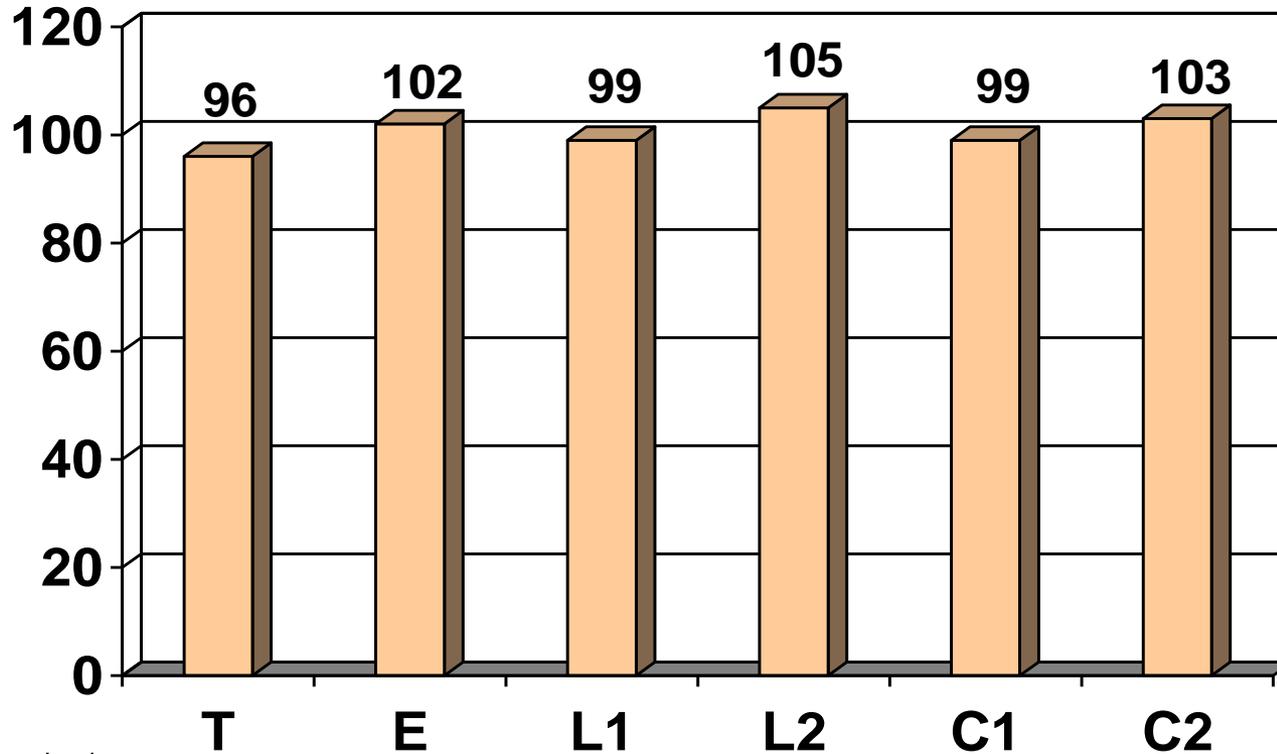
AE1 y AN1: 400 kg N/ha

AE2 y AN2: 800 "

AE3 y AN3: 1200 "

Rendimiento agronómico

Rendimiento de valencia late (kg/árbol) media de 8 campañas



T: testigo sin enmienda

E: estiércol de ovino, 12 t/ha/año

L1: lodos de digestión anaerobia, 12 t/ha/año

L2: lodos de digestión anaerobia, 24 t/ha/año

C1: compost de RSU, 12 t/ha/año

C2: compost de RSU, 24 t/ha/año

Todos los tratamientos recibieron la misma dosis
fertilización NPK

Fuente: Pomares, F. y colaboradores (1984-92)

¿Qué son los metales pesados?

- Los metales pesados son aquellos con una densidad superior a 5 g/cm^3 o número atómico superior a 20
- Esta definición no avanza ninguna de sus características o función
- Son una amplia familia y variada, pero en el contexto de los residuos orgánicos se suele considerar a siete de ellos:
 - Cadmio (Cd)
 - Cobre (Cu)
 - Cromo (Cr)
 - Mercurio (Hg)
 - Níquel (Ni)
 - Plomo (Pb)
 - Zinc (Zn)
- Están en **todas partes**, no sólo en los lodos

¿Qué son los metales pesados?

Metal pesado	Contenido medio en suelos (mg/kg SMS)	Contenido en plantas terrestres: rango y máximo "normal" (mg/kg SMS)
Cadmio	0,35/0,50	0,1-2,4/1
Cobre	30/20	5-15/15
Cromo	70/100	0,03-10/0,1
Mercurio	0,06/0,03	<0,02/0,1
Níquel	50/40	1-5/8
Plomo	35/30	1-13/8
Zinc	90/50	20-400/150

Según Azcúe (1993)/Rousseaux (1988)

¿Qué son los metales pesados?

- Los metales pesados son aquellos con una densidad superior a 5 g/cm^3 o número atómico superior a 20
- Esta definición no avanza ninguna de sus características o función
- Son una amplia familia y variada, pero en el contexto de los residuos orgánicos se suele considerar a siete de ellos:
 - Cadmio (Cd)
 - Cobre (Cu)
 - Cromo (Cr)
 - Mercurio (Hg)
 - Níquel (Ni)
 - Plomo (Pb)
 - Zinc (Zn)
- Están en **todas partes**, no sólo en los lodos
- Algunos son **esenciales** para la vida

¿Qué son los metales pesados?

Metal pesado	¿Es esencial para los seres vivos?
Cadmio	Se ha considerado, pero no hay evidencia
Cobre	Sí, para animales y plantas
Cromo	No para plantas, pero sí para animales
Mercurio	No hay evidencia
Níquel	Esencial para plantas, hongos y microorganismos
Plomo	No hay evidencia
Zinc	Sí, para animales y plantas

El problema de los metales pesados

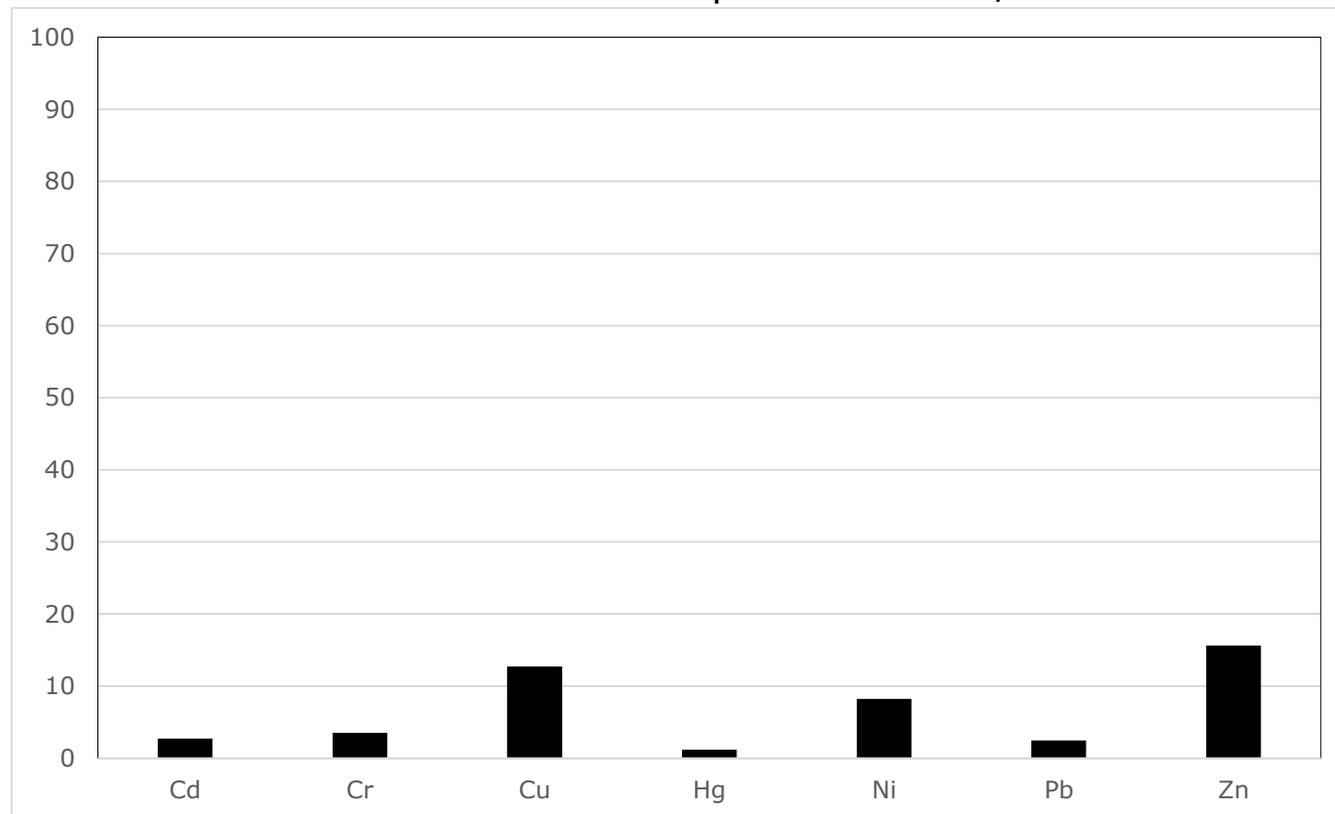
- El problema de los metales pesados no es así de presencia, sino de concentración y forma en la que se encuentran
- Este exceso puede encontrarse en materiales de todo tipo, incluyendo estiércoles (Cu y Zn), compost de RSU (todos), fertilizantes minerales (Cd y Zn en los fosforados), comida (Cd y Hg en pescados y mariscos)
- ¿Por qué el foco se ha centrado en los lodos de depuradora?
 - Motivos culturales: poca “simpatía” ante el origen de los materiales
 - Motivos históricos: lodos altamente contaminados en zonas muy industrializadas en momentos de regulación laxa o inexistente
- El contenido de metales pesados de los lodos se analiza al estar regulado por ley (RD 1310/1990)

El problema de los metales pesados

Metal pesado	Rango en lodos según Chaney, 1983 (mg/kg SMS)	Rango en lodos IVIA 2016 (mg/kg SMS)	Límite máximo suelos pH>7 según RD 1310/1990
Cadmio	1-3410	0,20-2,96	40
Cobre	84-17000	12,4-740	1750
Cromo	10-99000	21-841	1500
Mercurio	0,6-56	<0,05-1,28	25
Níquel	2-5300	10,6-109	400
Plomo	13-26000	<0,4-86,7	1200
Zinc	101-49000	66-2860	4000

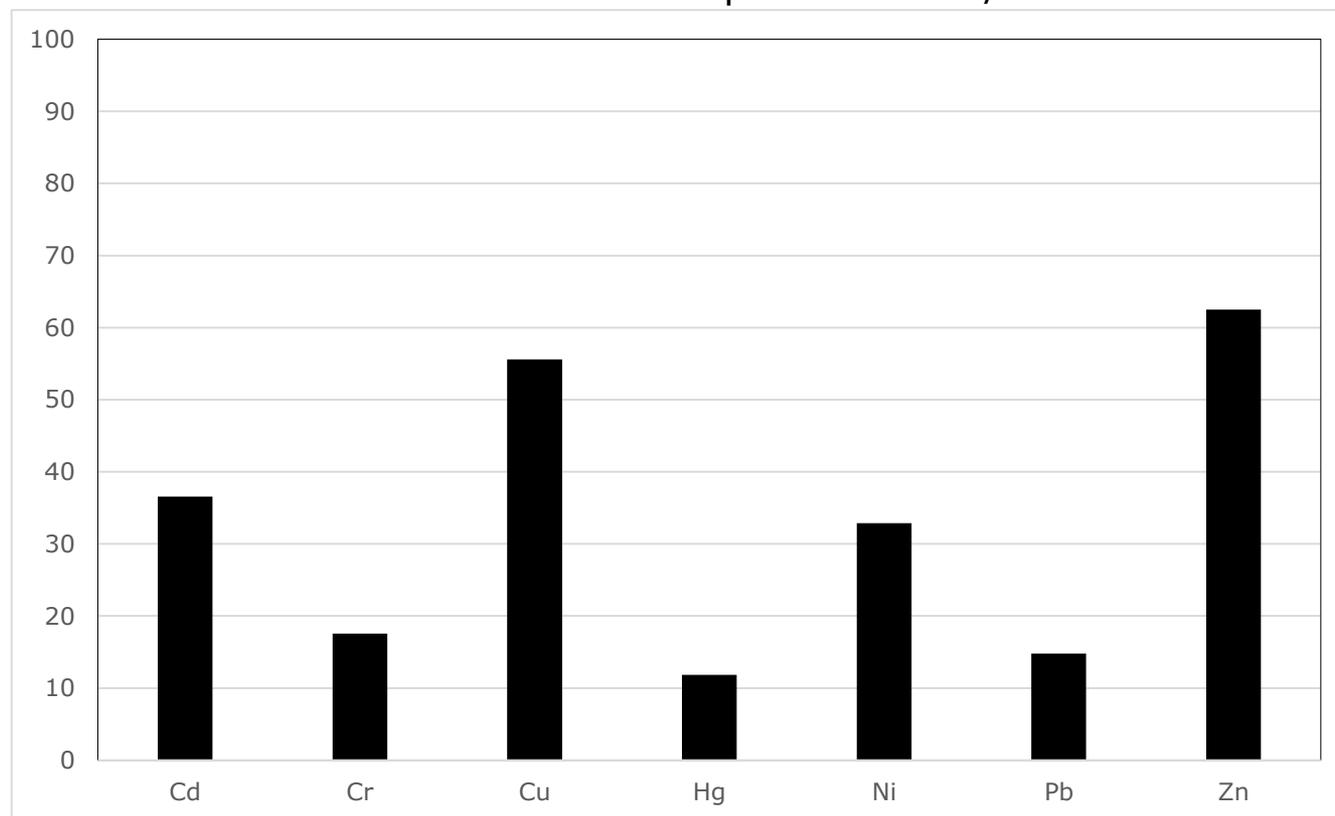
El problema de los metales pesados

Contenido medio de metales pesados en los lodos de depuradora analizados en el IVIA en 2016 (81 muestras), en porcentaje del límite máximo admitido por el RD 1310/1990



El problema de los metales pesados

Contenido medio de metales pesados en los lodos de depuradora analizados en el IVIA en 2016 (81 muestras), en porcentaje del límite máximo admitido por el RD 506/2013

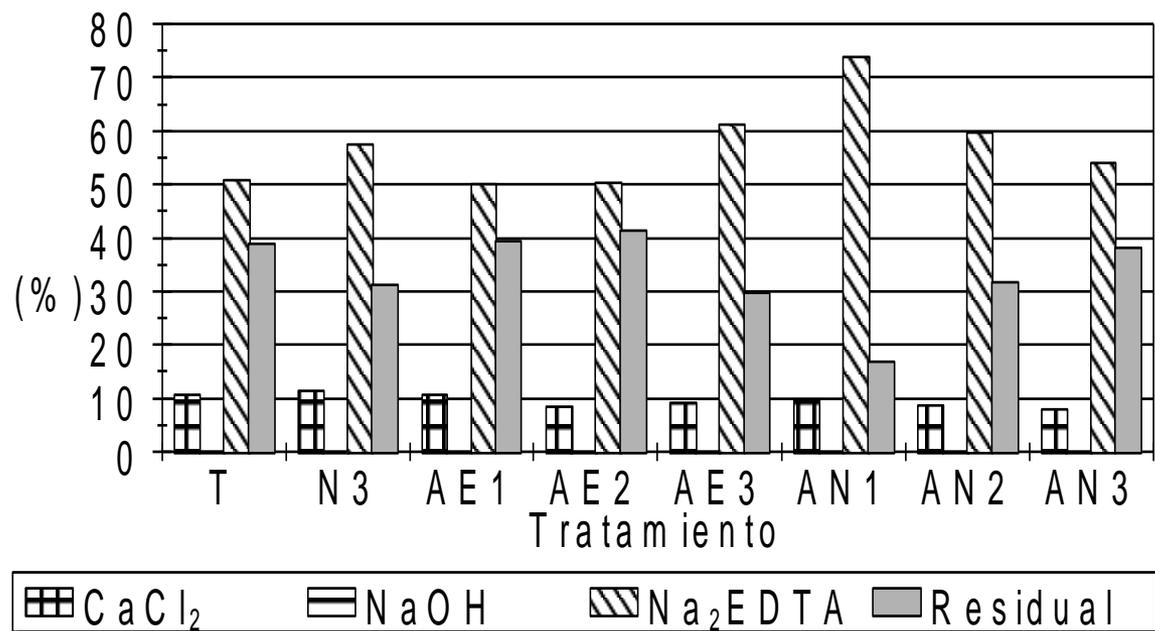


Los metales pesados en nuestros suelos

- Tras la aplicación de los productos orgánicos y su estabilización en el suelo, los metales pesados adoptan formas químicas dependientes de las características de aquél.
- ¿Qué ocurre en nuestros suelos?
- En ensayos a largo plazo de aplicación de lodos aerobios y anaerobios, se realizó una extracción secuencial de los metales pesados en el suelo:
 - CaCl_2 0,1M: solubles e intercambiables
 - NaOH 0,1M: unidos a la materia orgánica
 - Na_2EDTA 0,01M: unidos a carbonatos
 - Digestión con agua regia: residuales
- Las dos últimas fracciones son prácticamente inmóviles

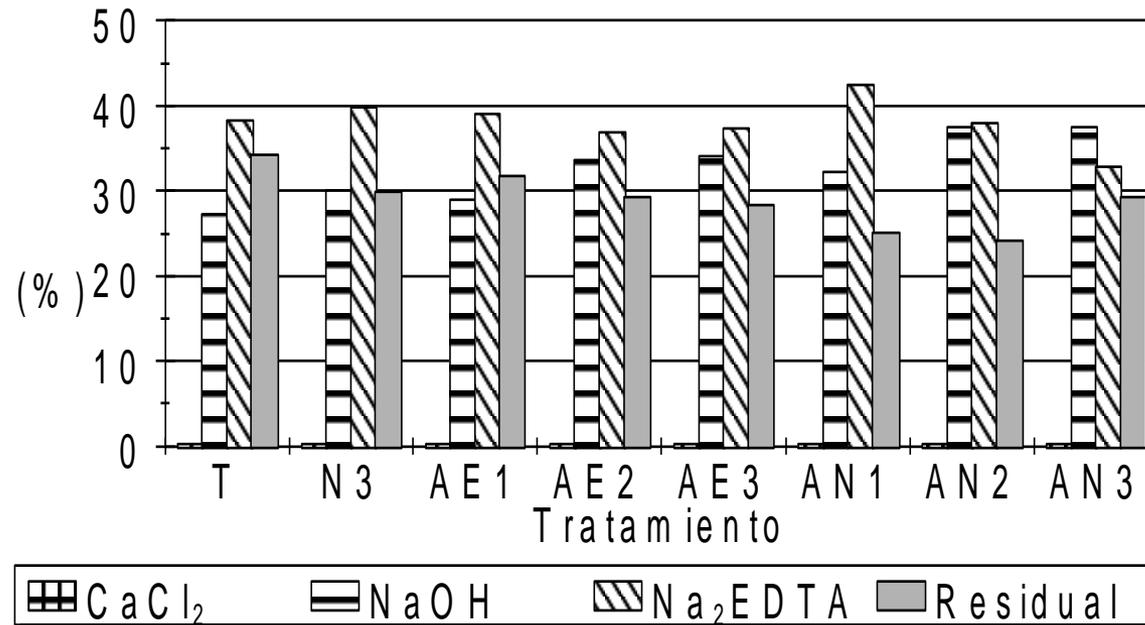
Los metales pesados en nuestros suelos: cadmio

Muestras 0-15 cm



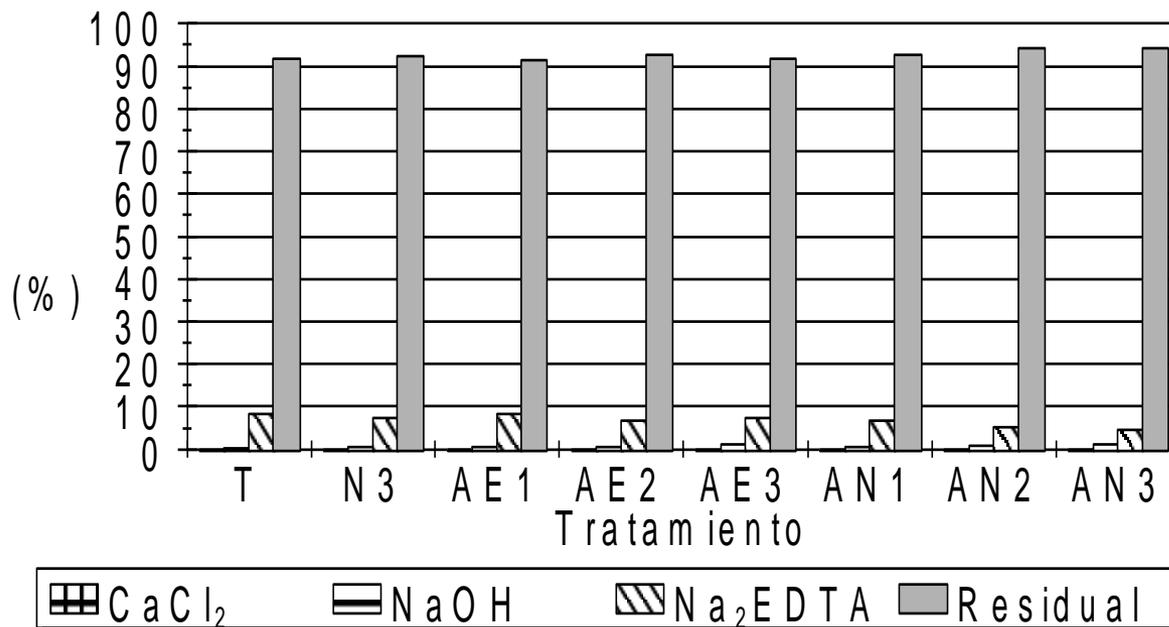
Los metales pesados en nuestros suelos: cobre

Muestras 0-15 cm



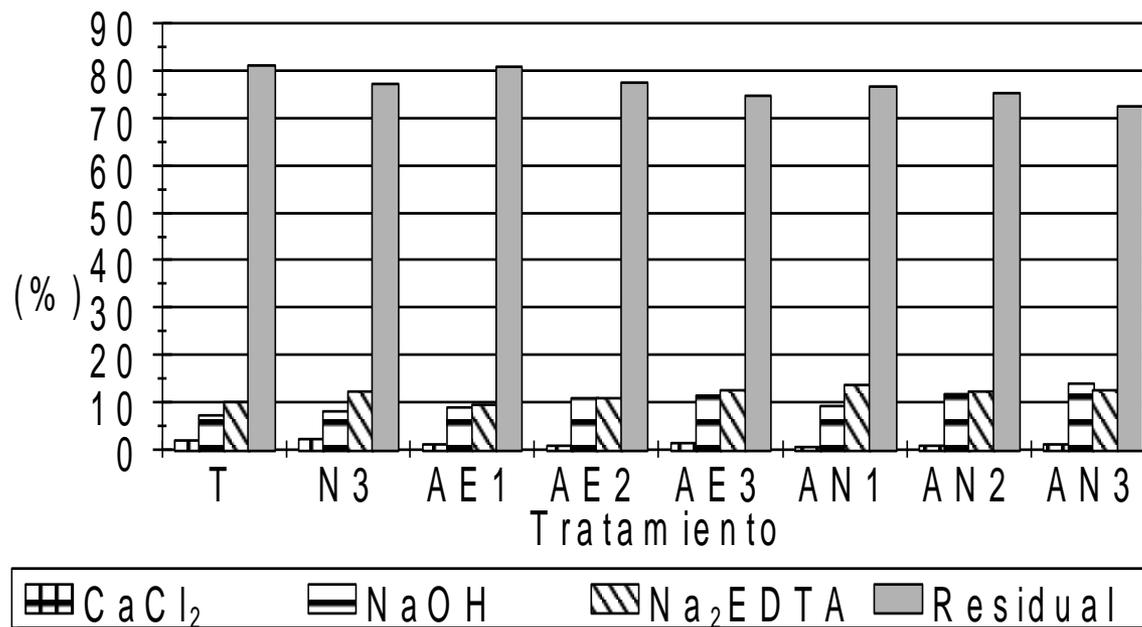
Los metales pesados en nuestros suelos: cromo

Muestras 0-15 cm



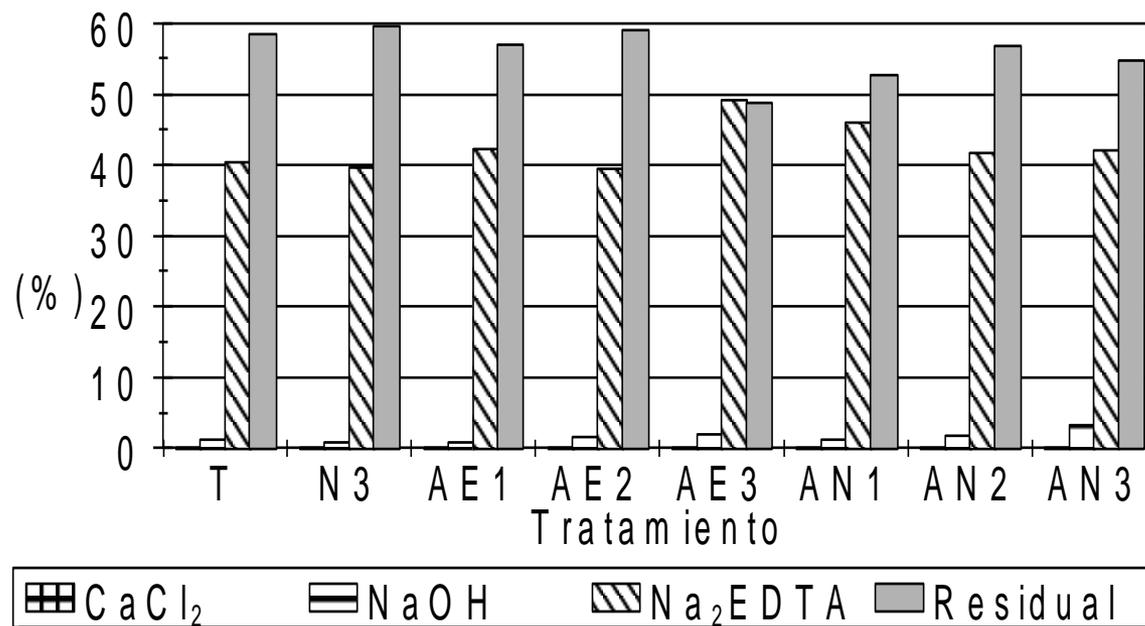
Los metales pesados en nuestros suelos: níquel

Muestras 0-15 cm



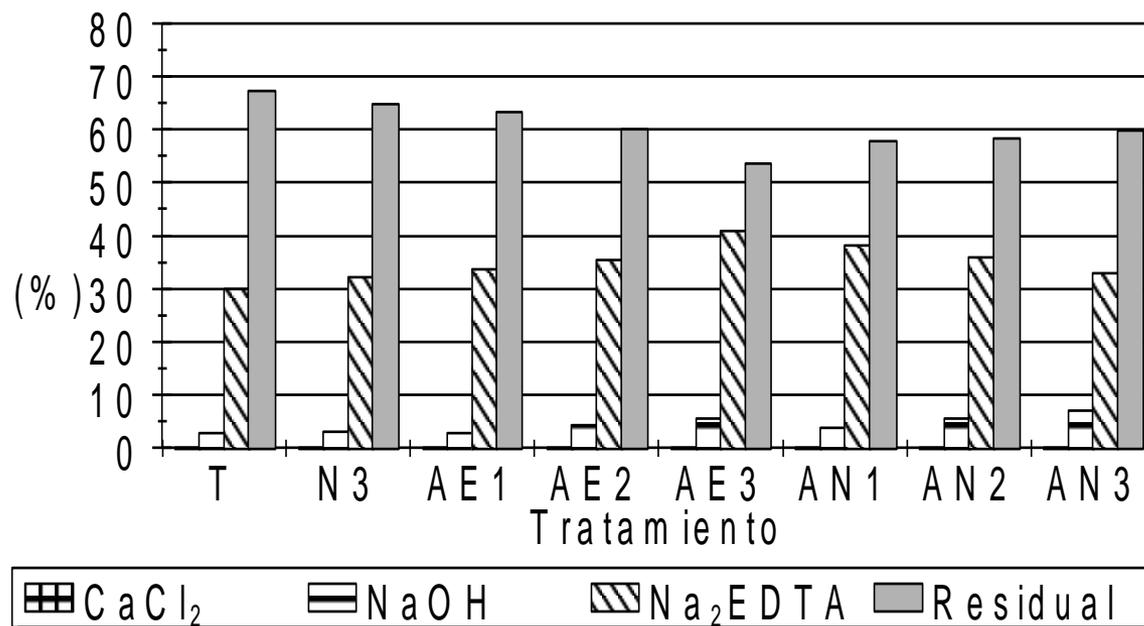
Los metales pesados en nuestros suelos: plomo

Muestras 0-15 cm



Los metales pesados en nuestros suelos: zinc

Muestras 0-15 cm



Los metales pesados en los cultivos

- La absorción de los metales por las plantas es muy variable en base a la especie e incluso la variedad
- La acumulación suele ser muy superior en las hojas frente a semillas y frutos
- El contenido de metales pesados de los productos usados no es el único factor relevante
- ¿Qué encontramos en los ensayos de aplicación de lodos?

Los metales pesados en los cultivos

Contenido de metales pesados en hojas de acelga (mg/kg SMS)

Tratamiento	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn
Testigo N0	0,313	11,7	2,68	1,18	1,160	27,1
Mineral N1	0,348	12,4	1,75	1,12	0,610	27,8
Mineral N2	0,388	13,1	2,37	1,16	0,825	31,1
Mineral N3	0,385	13,7	2,22	1,08	0,745	27,0
Lodos aerobios N1	0,291	13,0	2,61	1,11	1,205	32,0
Lodos aerobios N2	0,298	12,6	2,46	0,85	1,015	30,1
Lodos aerobios N3	0,272	14,0	1,86	0,99	0,720	34,3
Lodos anaerobios N1	0,301	13,4	1,87	0,90	0,725	33,1
Lodos anaerobios N2	0,410	15,4	2,00	1,15	0,835	34,8
Lodos anaerobios N3	0,401	16,3	2,17	0,86	1,075	40,0

Los metales pesados en los cultivos

Contenido de metales pesados en hojas de lechuga (mg/kg SMS)

Tratamiento	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn
Testigo N0	0,792c	4,17	0,955bc	0,487	1,19	19,8
Mineral N1	0,812c	4,97	0,950bc	0,566	1,46	27,5
Mineral N2	0,794c	5,32	0,945bc	0,519	1,18	29,3
Mineral N3	0,903c	6,62	1,035c	0,596	1,33	32,0
Lodos aerobios N1	0,540ab	5,52	0,885bc	0,559	1,22	27,9
Lodos aerobios N2	0,407a	4,49	0,865abc	0,449	1,26	24,3
Lodos aerobios N3	0,408a	4,94	0,800ab	0,394	1,26	24,4
Lodos anaerobios N1	0,503ab	4,74	0,695a	0,467	1,23	23,5
Lodos anaerobios N2	0,537ab	5,01	0,855abc	0,624	0,98	27,9
Lodos anaerobios N3	0,702bc	4,80	0,815ab	0,696	1,26	27,8

Valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes (MDS 95%)

Los metales pesados en los cultivos

Contenido de metales pesados en la pulpa de las naranjas (mg/kg SMS)

Tratamiento	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn
Testigo	0,012	4,15	0,138	0,586	1,04	2,88
Estiércol de ovino	0,024	4,30	0,188	0,466	0,65	3,13
Lodos anaerobios 1	0,028	4,25	0,163	0,399	0,74	3,13
Lodos anaerobios 2	0,046	4,15	0,138	0,481	1,11	3,00
Compost de RSU 1	0,027	4,50	0,200	0,177	1,40	2,88
Compost de RSU 2	0,008	4,90	0,175	0,240	0,88	2,38

Para concluir: ¿lodos sí o lodos no?

- A los lodos, como a cualquier otro residuo orgánico, hay que juzgarlos por cómo son y no por lo que son: su composición y características son lo importante
- Deben aplicarse de acuerdo a ley, con analíticas y plan agronómico
- Trabajar con gestores profesionales es esencial



¡Gracias a todos por su asistencia!

