

LODOS DE PLANTAS DEPURADORAS DE AGUAS SERVIDAS

② Efecto sobre el suelo de metales pesados y contaminantes

Francisco Tapia F.
Ing. Agrónomo, M.Sc.
ftapia@platina.inia.cl

Sergio González M.
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

INIA La Platina

En el estudio de uso de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas tratadas, como fertilizante en cultivos anuales, no sólo se consideró importante evaluar su impacto sobre los rendimientos (ver artículo precedente) sino también el efecto sobre el nivel de metales pesados en el suelo y en las plantas, así como la presencia de microorganismos patógenos.

Análisis teórico

Primero se calculó los incrementos netos de elementos traza metálicos (ETM), en función de sus contenidos totales en el lodo, a las tasas de aplicación de éste y a la extracción de los ETM por las plantas. Se consideró un aporte de 40 ton de lodo/ha, en tres años, equivalentes a 300 kg de nitrógeno (N)/ha/año, que es la fertili-

zación normalmente usada en maíz, tal como se presenta en la figura 1.

De acuerdo a la figura 1a, los incrementos de cobre y cromo en el suelo, con un aporte de lodo como el indicado, deberían situarse alrededor de las 4 miligramos por kilogramo de suelo seco (mg/kg ss) en un período de tres años. El zinc acumula contenidos bastante más importantes: del orden de 18 mg/kg ss en el mismo lapso.

En el caso de otros elementos, como arsénico, molibdeno, níquel y plomo, sus niveles son tan bajos que los incrementos van a encontrarse bajo el nivel de percepción de los instrumentos analíticos disponibles. Así, sus aumentos estimados con tasas de aplicación de 40 ton de lodo/ha son inferiores a 1 mg/kg ss.

Las proyecciones de incremento para cadmio y mercurio incluso se encuentran



En los análisis de las muestras de suelo tomadas en los ensayos sólo los contenidos totales de cobre y zinc dieron evidencias de incrementos por efecto de la aplicación de lodo.

en niveles inferiores a 0,04 mg/kg ss con las tasas de aplicación indicadas, en un período de tres años.

Los cálculos teóricos realizados permiten suponer que, con tasas de aplicación de hasta 40 toneladas de lodo seco/ha, solamente la acumulaciones de cobre, zinc y cromo podrían ser detectados en los análisis. Al mismo tiempo son los únicos elementos que podrían llegar a superar los contenidos máximos en los suelos fijados por el Proyecto de Reglamento CONAMA para Uso de Lodos en la Agricultura. Para verificar si esto era así, se llevó a cabo una medición de su contenido en el suelo al momento de la cosecha de los cultivos.

Análisis práctico

El cuadro 1 entrega los resultados de las muestras de suelo analizadas. Tanto en avena como en maíz, en los tratamientos estudiados, sólo los contenidos totales de cobre y zinc dieron evidencias de incrementos en los suelos por efecto de la aplicación de lodo. En maíz, por ejemplo, donde se aplicó 40 ton de lodo/ha en tres años, se incrementó de 57 mg/kg ss en el testigo a

Cuadro 1

Contenidos totales de ETMs, en el suelo, luego de aplicar 40 ton/ha, en tres años. Chada, 2001-2003

Tratamientos	Lodo									
	aplicado (ton/ha)	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
Avena										
Testigo	0	10	<0,25	11	61	<0,05	0,7	10	7,1	75
100% F (N)	0	11	<0,25	12	61	<0,05	0,8	10	7,5	83
50%FL (N)	7,0	11	<0,25	14	63	<0,06	0,9	9,3	6,3	88
100%L (N)	14,0	10	<0,25	13	63	<0,06	1,1	10	6,4	87
Maíz										
Testigo	0	13	<0,25	12	57	<0,05	0,5	8	7,5	74
100% F (N)	0	14	<0,25	12	56	<0,05	0,5	9	7,2	74
50%FL (N)	20,1	11	<0,25	12	67	<0,16	0,7	10	8,4	97
100%L (N)	40,2	11	<0,25	13	70	<0,24	1,0	10	7,4	101
Anteproyecto Reglamento Uso de Lodos*, suelo con pH menor a 6,5										
		12,5	1,25	No normado	100	1,0	2,0	50	50	120
Anteproyecto Reglamento Uso de Lodos, suelo con pH mayor a 6,5										
		20,0	2,00	No normado	150	1,5	3,0	112	75	175

F: fertilizante mineral; L: lodo; N: nitrógeno; <: menor que; >: mayor que

As: arsénico; Cd: cadmio; Cr: cromo; Cu: cobre; Hg: mercurio; Mo: molibdeno; Ni: níquel; Pb: plomo; Zn: zinc.

*En la actualidad no existe una norma chilena que reglamente el uso de lodos en agricultura, por lo cual se ha usado como referencia el "Anteproyecto de Reglamento Uso de Lodos" de CONAMA.

Contaminantes biológicos

Cuadro 2

Contenido de ETMs, en estructuras vegetales de avena y maíz. Tercera temporada. Chada 2001-2003									
Estructura	Tratamiento	As	Cd	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Zn
(mg/kg de materia seca)									
AVENA									
Paja	Testigo		<0,25		<1,0			4,7	19,5
	100%F		<0,25		1,9			4,4	23,5
	50%FL		<0,25		1,8			<2,5	22,0
	100L		<0,25		<1,0			<2,5	20,0
Granos	Testigo	0,08	<0,25	9,4	3,5	0,26	6,7	<2,5	3,6
	100%F	0,04	<0,25	12,1	4,6	0,20	9,5	<2,5	4,8
	50%FL	<0,02	<0,25	6,8	3,6	0,18	5,0	<2,5	3,9
	100L	<0,02	<0,25	15,8	4,0	0,39	10,1	<2,5	3,7
MAÍZ									
Granos	Testigo	0,13	<0,25	<3,0	2,0	0,03	<3,5	<2,5	30,1
	100%F	0,13	<0,25	<3,0	1,6	0,03	<3,5	<2,5	28,2
	50%FL	0,07	<0,25	<3,0	2,4	0,02	<3,5	<2,5	28,8
	100L	0,13	<0,25	<3,0	1,9	0,02	<3,5	<2,5	25,7
Tallos	Testigo		<0,25		3,3			<2,5	28,9
	100%F		<0,25		4,9			<2,5	26,5
	50%FL		<0,25		5,0			<2,5	34,2
	100L		<0,25		3,6			<2,5	25,3
Hojas	Testigo		<0,25		8,0			<2,5	35,1
	100%F		<0,25		14,3			<2,5	62,8
	50%FL		<0,25		14,9			<2,5	73,0
	100L		<0,25		8,8			<2,5	37,4

70 mg/kg ss. Algo similar ocurrió con zinc, donde de 74 mg/kg ss en el testigo, el nivel aumentó a 101 mg/kg ss en el tratamiento 100% lodo, en el período de tres años. Una situación semejante aconteció con estos elementos en el caso de avena. Luego de tres años de estudio es posible afirmar con toda certeza que el cobre y zinc aumentan en el suelo, como efecto de la aplicación de lodos. Respecto de los otros elementos no es posible saber si aumentaron o disminuyeron, pero sí se puede afirmar que sus niveles son extremadamente bajos y que, por lo tanto, se encuentran lejos de sobrepasar los límites permitidos por la norma.

Cabe señalar que las determinaciones indicadas se dan en un entorno de alta variabilidad de los contenidos totales naturales de los suelos, por lo que no es de extrañar que, aun si se detectan incrementos, ellos no cuadren con las estimaciones

teóricas. Además, a la variabilidad metálica natural de los suelos, debe sumarse la variabilidad en las aplicaciones de lodo y en los procesos de muestreo.

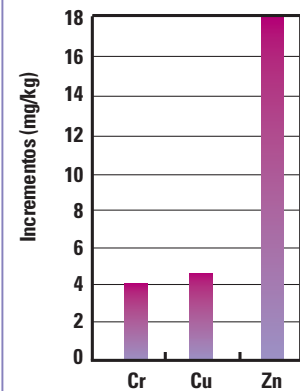
Efecto sobre tejidos vegetales

Al analizar los niveles de estos elementos en tejidos vegetales (de hojas, tallos y granos), se puede indicar que de todos los elementos determinados (cuadro 2), no existe ninguna evidencia de incremento al contrastar las plantas de los testigos con aquellas provenientes de tratamientos donde se aplicó lodo. Estos resultados ratifican lo señalado por la literatura, que reporta que la mayor parte de los ETM no es capaz de translocarse a hojas, tallos y granos.

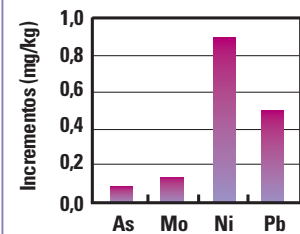
Al analizar los contenidos de ETM en las estructuras comestibles de las especies

Figura 1: Incremento estimado de ETM* en el suelo, con aplicaciones de 40 ton de lodo/ha, en tres años. Chada 2001-2003.

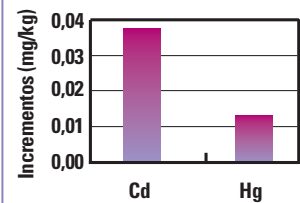
1a) Cr: cromo; Cu: cobre; Zn: zinc.



1b) As: arsénico; Mo: molibdeno; Ni: níquel; Pb: plomo.



1c) Cd: cadmio; Hg: mercurio



*ETM: elementos traza metálicos

Toma de muestras de estructuras vegetales de tomate para determinar si los metales pesados podían haber pasado a las plantas. No se encontró evidencia de que ello hubiera ocurrido.



Cuadro 3

Contenido de ETMs, en estructuras comestibles de maíz choclero, trigo, avena, poroto verde y tomate. Segunda temporada. Chada 2001-2002

Estructura Tratamiento	As	Cd	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Zc	
GRANOS									
(mg/kg de materia seca)									
Avena	Testigo	0,03	<0,25	<3,0	4,6	0,29	<3,5	<2,5	40,4
	100%F	0,04	<0,25	<3,0	3,4	0,31	<3,5	<2,5	34,0
	50%FL	0,05	<0,25	<3,0	3,6	0,22	<3,5	<2,5	34,1
	100L	0,02	<0,25	<3,0	3,8	0,34	<3,5	<2,5	35,1
Trigo	Testigo	<0,02	<0,25	<3,0	4,5	0,09	<3,5	<2,5	49,8
	100%F	0,04	<0,25	<3,0	3,1	0,05	<3,5	<2,5	40,4
	50%FL	<0,02	<0,25	<3,0	4,8	0,07	<3,5	<2,5	47,6
	100L	0,02	<0,25	<3,0	4,6	0,09	<3,5	<2,5	49,5
Maíz	Testigo	0,08	<0,25	<3,0	3,6	<0,02	<3,5	<2,5	29,2
	100%F	0,07	<0,25	<3,0	3,6	0,03	<3,5	<2,5	33,2
	50%FL	0,04	<0,25	<3,0	3,2	0,05	<3,5	<2,5	26,3
	100L	0,06	<0,25	<3,0	3,1	0,03	<3,5	<2,5	26,9
VAINA									
Poroto verde	Testigo	0,07	<0,25	<3,0	10,8	0,33	<3,5	5,84	40,4
	100%F	0,03	<0,25	<3,0	10,6	0,33	<3,5	6,67	41,5
	50%FL	0,04	<0,25	<3,0	12,4	0,47	<3,5	5,99	43,8
	100L	0,03	<0,25	<3,0	12,0	0,42	<3,5	4,36	41,5
FRUTO									
Tomate	Testigo	0,05	<0,25	<3,0	5,8	0,043	<3,5	7,92	20,0
	100%F	0,13	<0,25	<3,0	4,9	0,023	<3,5	4,41	23,4
	50%FL	0,16	<0,25	<3,0	6,3	0,054	<3,5	7,94	23,7
	100L	0,10	<0,25	<3,0	6,2	0,034	<3,5	7,73	21,3

16

Elementos traza

Los ETM forman un grupo de elementos químicos que se encuentran en el ambiente en cantidades muy pequeñas. Aunque algunos de ellos suelen ser usados por las plantas para su nutrición —como el fierro, cobre y zinc, entre otros—, la mayoría pueden ser dañinos para el ambiente y la salud humana cuando se encuentran en niveles más altos. Particularmente peligrosos son el cadmio, el arsénico y mercurio.

en estudio (granos de avena, trigo y maíz; vainas en el caso del poroto verde, y frutos en el del tomate) tampoco se detectó niveles de ETM diferentes a los encontrados en el testigo (cuadro 3), por lo cual se ratifica lo señalado anteriormente, en el sentido de que la aplicación de lodos no determina niveles superiores de ETM a los encontrados normalmente en dichas estructuras.

Nivel de coliformes fecales en el suelo

Otro aspecto de interés para un estudio de esta naturaleza fue determinar el con-

tenido de microorganismos patógenos en los suelos luego de la aplicación de lodos. Se evaluó este efecto en los cultivos de avena y maíz, contrastando los tratamientos con y sin uso de lodos. En ninguno de los tratamientos estudiados, con o sin lodo, se encontró huevos viables de helmintos (parásitos intestinales), tampoco *Salmonella* spp. (causante de infecciones intestinales). Los niveles de coliformes fecales (que incluyen especies de *Salmonella* y *Escherichia coli*, entre otras bacterias) en su conjunto variaron entre 1,34 y 7,5, para los tratamientos donde no se aplicó lodo y entre 1,72 y 57,9 en los tratamientos con lodo (los números corresponden a “número más probable de colonias” por 1 g de suelo).

Los niveles indicados se encuentran dentro de los rangos permitidos por la norma: no presentan ningún riesgo para la salud humana. No obstante lo anterior, los lodos pueden

Los lodos pueden tener niveles superiores a los establecidos por la norma, por lo que al aplicarlos se recomienda que los operarios usen vestimentas apropiadas, especialmente guantes y máscaras.



tener niveles superiores a los establecidos por la norma, por lo que al aplicarlos se recomienda que los operarios usen vestimentas apropiadas, especialmente guantes y máscaras. También se aconseja el baño posterior y el lavado de la ropa e implementos.

En síntesis:

La aplicación de lodo como fertilizante genera incrementos de la carga metálica de los suelos, especialmente de zinc y cobre, que son los elementos más abundantes en los lodos.

En las condiciones de este estudio, ante la aplicación de hasta 40 ton/ha de lodo en tres años no hubo evidencias de translocación de ETMs hacia las estructuras vegetales aéreas de las plantas (hojas, tallos y estructuras comestibles de los cultivos evaluados).

Como resultado de la aplicación de lodo, no se encontraron efectos sobre la población de coliformes fecales, *Salmonella* y huevos de helmintos viables en el suelo al término del cultivo.

Mantener atención sobre la translocación de ETMs hacia las estructuras vegetales aéreas, es una actitud preventiva absolutamente necesaria, pues el exceso de estos elementos metálicos puede inducir efectos tóxicos en los seres vivos que consuman a través de las plantas. En todo caso, si bien es necesario mantenerse alerta, la probabilidad de que una persona sufra algún tipo de intoxicación por consumir vegetales enriquecidos en metales, es prácticamente insignificante, a menos que ella se alimente casi exclusivamente de la producción vegetal contaminada, y por un tiempo largo, como es el caso de animales a pastoreo directo. 