

APLICACIÓN AGRONÓMICA

USO DE LODOS DE DEPURADORA COMO FERTILIZANTES

JESÚS IRAÑETA Instituto Navarra de Tecnologías Agroalimentarias (INTIA)
ALFONSO AMORENA, SANDRA BLÁZQUEZ
 Mancomunidad Comarca de Pamplona (MCP)

Los lodos de depuradora contienen importantes cantidades de materia orgánica y nutrientes que pueden servir para mejorar la fertilidad de los suelos. Por otra parte, pueden contar con una serie de componentes no deseados que es preciso controlar para evitar que supongan algún riesgo para el medio ambiente o la salud humana o animal. En definitiva, se trata de un producto que con los debidos controles de composición y manejo puede resultar beneficioso para mejorar la fertilidad del suelo, sin ocasionar problemas medioambientales.

ANTECEDENTES LEGALES Y SITUACIÓN ACTUAL. LEGISLACIÓN NACIONAL

Los lodos son productos relativamente nuevos, procedentes de la depuración de las aguas residuales urbanas. Aunque en algunos países de la Comunidad Europea (CE) llevan aplicándose más de 40 años, la primera legislación europea respecto a la utilización de lodos en agricultura se publicó en 1986 (86/278/CEE). Se traspuso a la legislación española por medio del Real Decreto 1310/1990 (es el que regula actualmente la utilización de los lodos en agricultura). Este Real Decreto crea el marco normativo con el objetivo de compaginar la producción de lodos de depuración y su utilización agraria en España con la protección eficaz de los factores físicos y bióticos afectados por el proceso de

producción agraria. En esta normativa se establece la competencia de los controles por parte de las Comunidades Autónomas para el seguimiento de la utilización de los lodos. Por último, la Orden de 26 de octubre de 1993, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación que normalizaba la información a presentar y establecía los cauces para la recopilación final de los lodos, ha sido derogada y sustituida por la nueva Orden AAA/1072/2013, de 7 de junio, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario. En ésta se regula la información que deben proporcionar los titulares de las depuradoras de aguas residuales, las instalaciones de tratamientos de lodos de depuración, los gestores que realizan la aplicación en los suelos de los lodos de depuración tratados, así como toda la información que debe acompañar

LODOS DE DEPURADORA COMO FERTILIZANTES



¿QUÉ ES EL LODO? Se trata de una mezcla de agua y sólidos separados, procedente de la depuración de aguas residuales urbanas. El lodo puede ser considerado como un recurso o como un residuo ya que supone una importante fuente de materia orgánica y nutrientes para el suelo, comparable en varios aspectos a los estiércoles de ganado. Sin embargo, puede contener también algunos elementos contaminantes que es preciso controlar para que no sea considerado como residuo.

a todo transporte de lodos destinados a la actividad agraria. Dado que las competencias en la materia residen en las Comunidades Autónomas, algunas de éstas han desarrollado legislación propia para determinar diferentes competencias sectoriales: creación de Registros Autonómicos que faciliten la recogida de la información requerida, regulación de diferentes aspectos de su gestión agrícola (almacenamiento, distancias, cantidades...), etc.

CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO

A las depuradoras, a través de la red de saneamiento, llegan las aguas residuales urbanas para su tratamiento. Una vez depuradas, las aguas son vertidas y la carga eliminada queda concentrada en



una fase sólida, que son los lodos de depuración.

En función del proceso que han sufrido, podemos definir distintos tipos de lodo:

- **Lodo tratado:** Son los lodos residuales procedentes de estaciones depuradoras de aguas residuales domésticas o urbanas y de aguas residuales de composición asimilable a urbana, tratados por vía biológica, química o térmica, mediante almacenamiento a largo plazo o cualquier otro procedimiento apropiado, de manera que se reduzca, de manera significativa, su poder de fermentación y los inconvenientes sanitarios de su utilización.

- **Lodo deshidratado:** Son los lodos tratados sometidos a un proceso de pérdida de agua por procedimientos físico-mecánicos o térmicos previos a su utilización en la agricultura. Los contenidos en humedad suelen ser superiores al 80%.

- **Lodo pastoso:** Son los lodos deshidratados con un contenido en materia seca entre 30-50%.

- **Lodos secados:** Son lodos tratados con un contenido en humedad inferior al 70%.

- **Lodos secados térmica-**

mente: Son lodos tratados con un contenido en humedad inferior al 10%.

- **Lodos compostados:** Son los lodos tratados sometidos a un proceso de transformación biológica aerobia, con la finalidad de obtener un producto estable y no fitotóxico. El compostaje se realiza con adición de otros residuos o productos. Este residuo de origen fecal tiene unos altos contenidos en materia orgánica y nutrientes, nitrógeno y fósforo principalmente, que puede ser aprovechado en la agricultura. Sólo podrá ser utilizado si está estabilizado y libre de contaminantes, es decir, si es posible considerarlo como un recurso para el suelo. Además, su gestión se

Aunque en algunos países de la CE llevan aplicándose más de 40 años, la primera legislación europea respecto a la utilización de lodos en agricultura se publicó en 1986

realizará bajo criterios agronómicos determinados por códigos de buenas prácticas agrícolas y sujeto a un estricto marco normativo sectorial.

GESTIÓN TÉCNICA DEL RECICLAJE DE LODOS DE DEPURADORA

Aplicación directa en agricultura

Actualmente, una parte muy significativa de los lodos que se aplican en la agricultura se hace de forma directa, es decir, como lodo deshidratado. Las aplicaciones en líquido son mínimas y quedan restringidas a entornos muy locales próximos a pequeños sistemas de depuración.

La gestión agrícola de los lodos de depuradora combina criterios económicos con medioambientales. Una eficaz gestión entraña una serie de conocimientos de carácter empírico, basados en resultados de una dilatada experimentación agronómica. En estos ensayos de campo se obtiene la información precisa del comportamiento de un lodo específico en un suelo agrícola de unas características muy determinadas. Este conocimiento permitirá establecer las dosis más adecuadas para cada cultivo, de modo que se minimicen las pérdidas de nutrientes que podrían afectar al entorno.

Esta necesidad de una guía de buenas prácticas agrícolas ha sido contemplada por el II PNLD (2008-2015), que en sus conclusiones sobre la aplicación de lodos en la agricultura establece la necesidad de:

- La redacción de Planes Integrales de Fertilización para mejorar el control de las aplicaciones agrícolas.
- La elaboración de un Manual Técnico sobre Almacenamiento.
- La redacción de guías de buenas prácticas para la aplicación en el suelo.

Aspectos logísticos previos al reparto en el campo

Uno de los aspectos más problemáticos de la gestión de lodos es compatibilizar una producción continua de lodos durante todo el



año con una actividad agrícola sujeta a ciclos. Durante algunas épocas del año, por razones agronómicas o meteorológicas (lluvias...), es necesario almacenar los lodos para su aplicación en el momento más adecuado. Una vez se dispone de la cantidad necesaria, o ha llegado el momento apropiado (cuando ya ha sido cosechado el cultivo y el terreno está suficientemente seco), se procederá a su reparto.

El transporte de lodos a campo debe ser realizado por empresas autorizadas de acuerdo a la Ley de Residuos. Se utilizan camiones dotados de toldos hidráulicos, totalmente estancos, para minimizar las afecciones por olores y lixiviados. En muchos casos estos servicios serán prestados por camiones traccionados para su tránsito por fincas agrícolas. En la elección de la ubicación de este almacenamiento puntual se deberán contemplar varios condicionantes para evitar afecciones a terceros o sobre el medio ambiente: distancias a pozos, manantiales y embalses de agua para abastecimiento humano (posible existencia de un perímetro de protección).

Siempre se deberán considerar las condiciones hidrogeológicas locales de forma previa a cualquier almacenamiento para garantizar que no se produzcan afecciones por lixiviados a las aguas subterráneas o a los cauces de aguas superficiales.

Actualmente, una parte muy significativa de los lodos que se aplican en la agricultura se hace de forma directa, es decir, como lodo deshidratado

RESULTADOS, EXPERIMENTACIÓN Y RECOMENDACIONES DE USO AGRONÓMICO DEL LODO DE DEPURADORA

Desde la puesta en marcha de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Arazuri, en 1991, la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona MCP ha venido realizando, en colaboración con el INTIA (anterior Instituto Técnico y de Gestión Agrícola del Gobierno de Navarra), diferentes ensayos para conocer los efectos medioambientales y agronómicos de la aplicación de los lodos generados en el proceso de depuración de las aguas residuales urbanas de la Comarca de Pamplona en los cultivos extensivos de la Zona Media de Navarra

Desde un principio se instalaron en la finca de Arazuri dos ensayos de largo plazo que intentan cubrir los dos objetivos considerados principales:

- El primero de ellos asegurar que el uso de lodos en agricultura es

seguro desde el punto de vista agronómico, medioambiental y sanitario, incluso a medio y largo plazo. Para ello se instaló el ensayo denominado *Lodo/Frecuencia* en el que se aplican distintas dosis de lodo con diferente frecuencia de aporte y se realiza un seguimiento de la evolución de metales pesados en suelo y parte aprovechable de los cultivos. Este ensayo cuenta en la actualidad con una duración de veinte años.

- El segundo objetivo trata de evaluar la eficiencia del N contenido en el residuo como fertilizante de los cultivos en el año de aplicación y sucesivos, de manera que podamos ajustar la fertilización nitrogenada, aspecto clave tanto desde el punto de vista agronómico como medioambiental. Una vez ajustado el N, habrá

Tabla 1. Composición del lodo y aporte de nutrientes por aplicación de 22 t/ha. Cabe destacar el importante aporte de fósforo y materia orgánica, además del N

	Res. analítica	Unidades	Kg/t bruta	Aporte 22 t/ha
Materia seca	17,2	%	172	
pH	8,32			
Materia orgánica	68	%	116,96	2573 kg
Nitrógeno N	6,6	% ms	11,35	250 kg
Fósforo P₂O₅	6,3	% ms	10,84	238 kg
Potasio K₂O	0,6	% ms	1,03	23 kg
Relación C/N	6,75			

Tabla 2.
Contenido del lodo en metales pesados y porcentaje de ese contenido respecto a legislación vigente

		RD 1310/90		
Elemento		Composición	Admitido suelos pH>7	
Nombre	Símbolo	ppm sss	ppm	%
Cadmio	Cd	<3	40	7,5
Cromo	Cr	76	1500	5,1
Cobre	Cu	258	1750	14,7
Mercurio	Hg	1	25	4,0
Níquel	Ni	38	400	9,5
Plomo	Pb	57	1200	4,8
Cinc	Zn	810	4000	20,3

que valorar también el resto de nutrientes aportados y el abono mineral al que pueden sustituir (el lodo supone un importante aporte de fósforo).

Experimentación: Características del lodo utilizado

Se presenta en la **Tabla 1** la composición del lodo y el aporte de nutrientes que supone una aplicación de 22 t/ha, ajustada a 250 kg de N.

A continuación, en la **Tabla 2**, se muestra el contenido en metales pesados del lodo sobre sustancia seca, los niveles admitidos según legislación y el porcentaje que supone respecto a la misma.

Ensayo Lodo/Frecuencia de aporte. Acumulación de metales pesados en suelo y planta

Se inició este ensayo en 1992 con el objetivo de realizar un seguimiento a largo plazo de las consecuencias de la aplicación de lodo con diferentes dosis y frecuencias de aporte respecto a la acumulación de metales pesados en suelo y parte aprovechable del cultivo. Se presenta en la **Tabla 3** la serie de tratamientos ensayada y su descripción, se añade en las dos última columnas el número total de toneladas aportadas y el número de veces que se supera las dosis recomendada (20 t/ha cada cinco años, en veinte años suponen 80 t/ha).

Los resultados de los análisis de suelo y planta se muestran en la **Tabla 4**, así como el contenido en metales pesados de las muestras

Tabla 3.
Tratamientos ensayados, aporte acumulado en 20 años de ensayo y número de veces que se supera la dosis recomendada (R)

			Aporte acumulado 20 años	
Nº Trat	Tratamiento	Descripción	Total t/ha	nº veces R
1	Dosis 1; Frecuencia 1	40 t/ha Todos los años	800	10
2	Dosis 1; Frecuencia 2	40 t/ha Cada 2 años	400	5
3	Dosis 1; Frecuencia 3	40 t/ha Cada 4 años	200	2,5
4	Dosis 2; Frecuencia 1	80 t/ha Todos los años	1600	20
5	Dosis 2; Frecuencia 2	80 t/ha Cada 2 años	800	10
6	Dosis 2 Frecuencia 3	80 t/ha Cada 4 años	400	5
7	Abonado estándar	Únicamente abono mineral	0	0
8	Testigo sin abono	Ningún aporte fertilizante	0	0



de suelo de los distintos tratamientos. Como puede observarse, aunque los fuertes aportes de lodo muestran una ligera tendencia al incremento de algunos paráme-

tros, a pesar de las elevadas dosis ensayadas, los contenidos de suelo se encuentran a una enorme distancia de los niveles de suelo admitidos.

Tabla 4.
Contenido en metales pesados de las muestras de suelo de los distintos tratamientos ensayados. En la última línea figura el límite del contenido del suelo establecido por el RD 1.310/1990 referido a lodos.
Resumen resultados análisis de suelos respecto a metales pesados 2011

Tratamiento	Metales pesados (ppm)						
	Cadmio (Cd)	Cromo (Cr)	Cobre (Cu)	Mercurio (Hg)	Níquel (Ni)	Plomo (Pb)	Zinc (Zn)
1: 40t F1	0,7 a	16,4 a	17,8 c	0,2	18,4 b	13,6 c	58,6 c
2: 40t F2	0,7 a	19,9 a	23,7 abc	0,1	24,1 a	17,7 abc	74,3 bc
3: 40t F4	0,7 a	22,0 a	22,7 abc		22,3 ab	22,4 abc	71,7 bc
4: 80t F1	0,7 a	22,6 a	27,2 a	0,2	24,9 a	20,3 abc	90,9 a
5: 80t F2	0,7 a	18,4 a	24,5 ab		23,2 ab	18,4 abc	80,7 ab
6: 80t F4	0,7 a	16,7 a	19,9 bc	0,1	22,3 ab	16,2 bc	63,9 c
7: Abonado estándar	0,7 a	17,3 a	19,2 bc	0,1	23,1 ab	15,9 bc	59,1 c
8: Testigo sin abono	0,7 a	16,5 a	20,9 bc	0,1	24,1 a	16,6 bc	62,5 c
Media general	0,7	18,7	22,0	0,1	22,8	17,6	70,2

La **Tabla 5** muestra los análisis de suelo respecto a los parámetros de fertilidad: materia orgánica, fósforo y potasio.

En resumen, respecto a la evolución de parámetros de suelo se observan diferencias significativas respecto a: materia orgánica, fósforo, cobre y cinc.

En cuanto al contenido de metales pesados, en la parte aprovechable del cultivo de la cosecha 2012, grano de avena, únicamente se han observado diferencias significativas respecto al cinc. Al no existir referencias sobre contenidos máximos en estos elementos en grano de cereal, cabe esperar que si el contenido de suelo está lejos de los niveles admitidos, también lo estará la cosecha producida.

Tabla 5.
Análisis de suelo respecto a los parámetros de fertilidad: materia orgánica, fósforo y potasio (2011)

Materia orgánica y nutrientes			
Tratamiento	M. Org (%)	P (ppm)	K (ppm)
1: 40t F1	2,23	91	149
2: 40t F2	2,33	84,3	163,7
3: 40t F4	2,55	98,3	135
4: 80t F1	2,89	117,7	154,3
5: 80t F2	2,45	102,7	145
6: 80t F4	2,41	62	156,3
7: Abonado estándar	2,04	42	169
8: Testigo sin abono	1,96	38	169,3

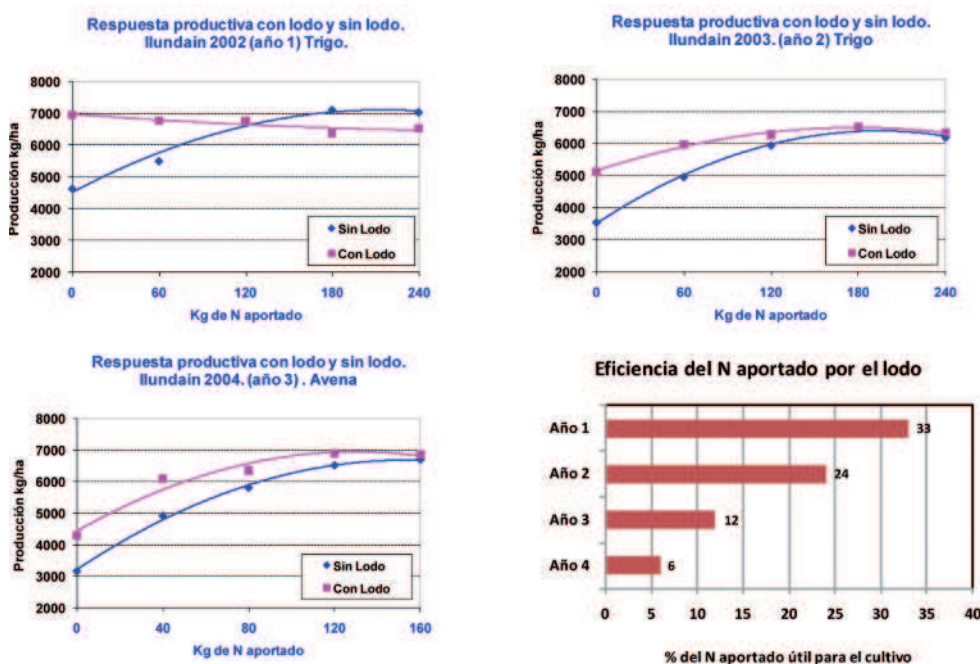
Ensayo Lodo/Nitrógeno. Eficiencia para el cultivo del N aportado por el lodo

Se pretende conocer la dinámica del N aportado por el lodo para poder ajustar la dosis de abono

Tabla 6.
Ensayos instalados en distintas localidades y campañas para evaluar la eficiencia del N aportado por el lodo y divulgar los resultados

Localidad	Campaña y ensayos en cereal de invierno en secano									Maíz Regadío	
	2002-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	2010-11	11-12
Ilundain (Aranguren)	X	X	X								
Paternain (Cizur)		X	X	X							
Miranda de Arga				X	X	X					
Liédena							X	X	X		
Olite										X	X

Gráfico 1.
Resultado del ensayo de Ilundain 2002-2004



mineral a las necesidades del cultivo de forma que nos permita alcanzar el éxito agronómico y el ahorro de los abonos minerales a los que el lodo puede y debe sustituir. El estudio se ha centrado sobre cereal de invierno y se han definido los siguientes objetivos:

1. Valorar la eficiencia del N aportado por el lodo como abono de fondo del cereal el año de aplicación del producto respecto al abono mineral convencional aplicado en su época habitual, primera cobertera en enero y segunda en marzo.
2. Comprobar el efecto residual del N aportado con el residuo, es decir el efecto sobre la fertilización nitrogenada el segundo y tercer año tras el aporte.
3. Divulgar los resultados entre los agricultores. Para eso se ubica el ensayo en distintas localidades y tras una aportación el año inicial se mantiene durante 3 ó 4 años (**Tabla 6**).

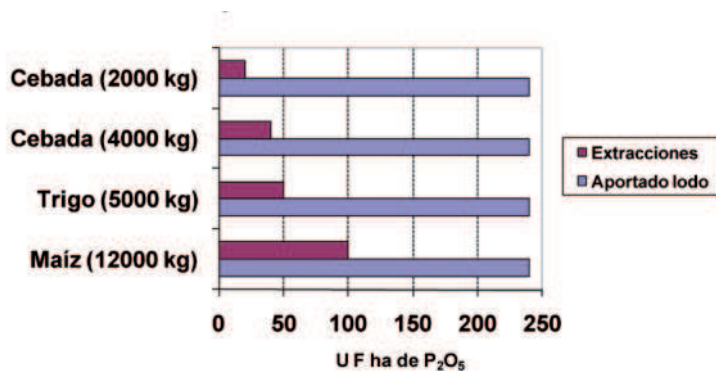
Las eficiencias medias obtenidas del N aportado por el lodo para cereal de invierno utilizado como abonado de fondo han sido en torno al 30-35% el primer año, 20-25% el segundo, y 10-14% el tercero (**Gráfico 1**).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES RESPECTO AL USO AGRÍCOLA DE LODOS

1. Bien utilizado se trata de un producto seguro, que cuenta con amplia experiencia (más de 40 años en algunos países). Debe reunir los requisitos exigidos: composición, higienización, etc., que nos los debe garantizar quien nos lo suministra.
2. Aporta dosis importantes de nitrógeno, fósforo y materia orgánica y puede sustituir a importantes cantidades de abonos minerales, con el consiguiente ahorro de recursos como el fósforo, cuyas reservas son limitadas, o el N limitando el lavado y las emisiones de CO₂ derivadas de su fabricación.
3. Mejora la fertilidad del suelo con el aporte de materia orgánica, al incrementar la actividad microbiana, la retención de agua y mejorar la estructura. Con frecuencia, un aporte apreciable de

Gráfico 2.

Fósforo: Necesidades de los cultivos y aporte que supone una aplicación de 22 toneladas por hectárea



materia orgánica acrecienta la cosecha varias campañas.
4. Su uso agrícola permite el reciclaje del producto, aprovechando su valor agronómico.
5. Aplicación al suelo: es importante conseguir una dosificación adecuada y un reparto aceptablemente homogéneo. Conviene in-

corporarlo en los días siguientes a la aportación.
6. Debe utilizarse cultivos extensivos, preferentemente de secano. En cultivos hortícolas es legal pero es preferible no hacerlo por dos razones. La primera, por motivos de seguridad debe evitarse su uso en cultivo de aprovecha-

A TENER EN CUENTA

El lodo, al tratarse de un producto rico en fósforo, en cultivo de cereal de secano podría dosificarse en función de este elemento y sería suficiente un aporte de unas 22 toneladas por hectárea cada 4 ó 5 años (**Gráfico 2**). De esta manera se optimiza el aprovechamiento de su valor fertilizante y se limita el aporte de lodo.

miento en crudo, (también otros estiércoles). La segunda, algunas casas comerciales que firman contratos con agricultores para cultivos hortícolas, exigen parcelas que no hayan recibido lodos en los últimos años, generalmente 3 ó 4.
7. Evitar el pastoreo del ganado tras el aporte. ■

Bibliografía

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico redaccion@editorialagricola.com

**INTIA**

**Servicios Avanzados
Sector Agroalimentario**

ASISTENCIA TÉCNICA A INSTALACIONES DE RIEGO EN PARCELA

**Más de 25 años de experiencia
y 53.000 hectáreas en regadío**

**Dirigido a cualquier particular
o entidad que lo requiera**



Nos encargamos de todo:

Proyecto de Diseño
Valoración Técnica y Económica
Planes Individuales de Asesoramiento
Licitación y adjudicación a empresas instaladoras
Dirección de Obra
Control de Calidad de Materiales Instalados
Acuerdos de crédito con entidades financieras
Llave en mano

Contacta con nosotros



Joaquín Puig Arrastía
Edificio Peritos - Avda. Serapio Huici, 22
31610 Villava (Navarra)
T: +34 948 013 040 F: +34 948 013 041
jpuig@intiasa.es www.intiasa.es