

# Valoración agronómica del lodo de depuradora

PARTE II. Resultados de experimentación y recomendaciones de uso agronómico.

Jesús Irañeta Goicoa (INTIA),  
Alfonso Amorena Udabe, Sandra Blázquez  
Moreno (MCP),  
Javier Jiménez Galindo (Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local, Gobierno de Navarra)

En el número anterior de Navarra Agraria, se abordó el tema de la valoración agronómica del lodo de depuradora en lo referente a: aspectos generales del lodo como fertilizante y legislación actual (ver artículo en [www.navarraagraria.com](http://www.navarraagraria.com)). En esta segunda parte, se presentan los resultados de la experimentación realizada con el lodo de Pamplona durante estos últimos 20 años y las conclusiones de uso agronómico a las que se ha llegado.

Como es sabido, 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.

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 con INTIA 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, **comprobar 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 eso, 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 en la parte aprovechable de los cultivos.** Este ensayo cuenta en la actualidad con **una duración de 20 años.**

◆ **El segundo objetivo trata de evaluar la eficiencia del Nitrógeno (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 que valorar también el resto de nutrientes aportados y el abono mineral al que pueden sustituir. El lodo, por ejemplo, supone un importante aporte de fósforo.

## EXPERIMENTACIÓN CON LODOS

El lodo es un producto que puede ofrecer dudas a la hora de ser utilizado por los agricultores. Por una parte, se sabe que aporta nutrientes y materia orgánica pero su procedencia y a veces su mala prensa hacen dudar al posible usuario sobre la seguridad de su uso, especialmente respecto a la contaminación del suelo por metales pesados a largo plazo.

Por otra parte, una vez aplicado, se sabe que aporta importantes cantidades de N, pero es preciso conocer qué cantidad del mismo resulta útil para los cultivos de forma que podamos ajustar la fertilización nitrogenada a las necesidades y complementarlo con abono mineral. Además, al tratarse de un residuo con alto conte-



Vistas de la depuradora de Arazuri (Navarra)

nido en N orgánico, cabe esperar que se vaya mineralizando lentamente durante varias campañas agrícolas.

### 1.- 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.

Cabe destacar, viendo estos datos, el **importante aporte de fósforo y materia orgánica**, además del N.

Tabla 1. Composición del lodo y aporte de nutrientes por aplicación de 22 t/ha

	Respuesta analítica	Unidades	Kg/t bruta	Aporte 22 t/ha
Materia seca	17,2	%	172	
pH	8,32			
Materia orgánica	68	%	116,96	2.573 kg
Conductividad	1.506			
Nitrógeno N	6,6	% m s	11,35	250 kg
Fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6,3	% m s	10,84	238 kg
Potasio K <sub>2</sub> O	0,6	% m s	1,03	23 kg
Relación C/N	6,75			

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.

Tabla 2. Contenido del lodo en metales pesados y porcentaje respecto a la legislación vigente

		RD 1310/90		
Elemento		Composición	Admitido	Suelos pH>7
Nombre	Símbolo	ppm sss	ppm	%
Cadmio	Cd	3	40	8
Cromo	Cr	76	1.500	5
Cobre	Cu	258	1.750	15
Mercurio	Hg	1	25	4
Níquel	Ni	38	400	10
Plomo	Pb	57	1.200	5
Cinc	Zn	810	4.000	20

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

#### 2.1.- Cuadro de tratamientos y aportes acumulados

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. En las dos últimas columnas, se añade el número total de toneladas aportadas y el número de veces que se supera la dosis recomendada (20 t/ha cada 5 años, en 20 años suponen 80 t/ha).

**2.2.- Resultados de los análisis de suelo y planta**

Se muestran en la tabla 4 los contenidos en metales pesados de las muestras de suelo de los distintos tratamientos y en la tabla 5 los resultados del análisis de suelo respecto a los parámetros de fertilidad: materia orgánica, fósforo y potasio.

Como puede observarse en la tabla 4 aunque los fuer-

tes aportes de lodo muestran una ligera tendencia al incremento de algunos parámetros, a pesar de las elevadas dosis ensayadas, **los contenidos de metales en suelo se encuentran a una enorme distancia de los niveles máximos legalmente admitidos.**

En cuanto a la frecuencia de aportaciones y la evolución de parámetros de suelo se observan diferencias significativas entre tratamientos respecto a: materia orgánica, fósforo, cobre y cinc.

En cuanto al contenido de metales pesados en la parte aprovechable del cultivo, analizando la cosecha 2012 de 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 con-

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

Nº Trat	Tratamiento	Descripción	Aporte acumulado 20 años	
			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	3
4	Dosis 2 Frecuencia 1	80 t/ha Todos los años	1.600	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

**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 de resultados de análisis de suelos respecto a metales pesados del año 2011  
(Las letras reflejan las diferencias significativas)

Tratamiento	Metales pesados ppm												
	Cadmio (Cd)		Cromo (Cr)		Cobre (Cu)		Mercurio (Hg)	Niquel (Ni)		Plomo (Pb)		Zinc (Zn)	
1: 40t F1	0,7	a	16,4	a	17,8	c	0,16	18,4	b	13,6	c	58,6	c
2: 40t F2	0,7	a	19,9	a	23,7	abc	0,14	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	0,20	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	0,12	22,3	ab	16,2	bc	63,9	c
7: Abonado estandar	0,7	a	17,3	a	19,2	bc	0,12	23,1	ab	15,9	bc	59,1	c
8: Testigo sin abono	0,7	a	16,5	a	20,9	bc	0,14	24,1	a	16,6	bc	62,5	c
<b>Total general</b>	<b>0,7</b>		<b>18,7</b>		<b>22,0</b>		<b>0,1</b>	<b>22,8</b>		<b>17,6</b>		<b>70,2</b>	

**Límite legal pH>7**

RD 1,310/1990	3	150	210	2	112	300	450
---------------	---	-----	-----	---	-----	-----	-----

tenido 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)**

Tratamiento	Materia orgánica y nutrientes		
	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

### 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 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 lodo puede y debe sustituir. El estudio se ha centrado sobre cereal de invierno y se han definido 2 objetivos principales con un tercero que va asociado:

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

## CONCLUSIONES RESPECTO AL USO AGRÍCOLA DE LODOS

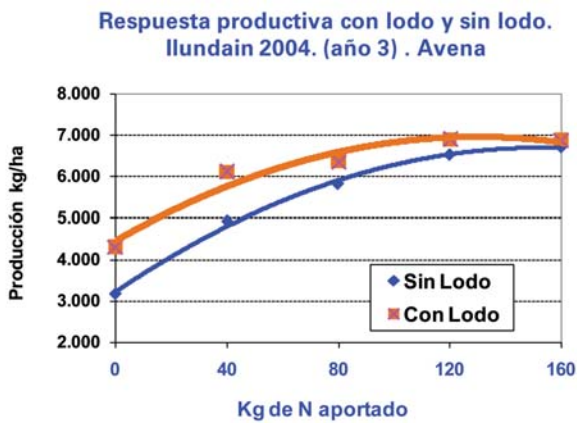
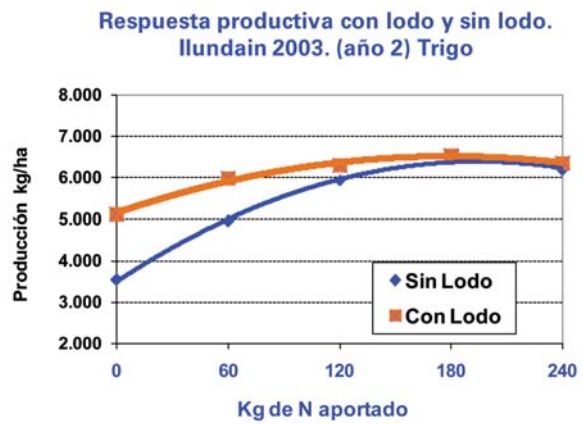
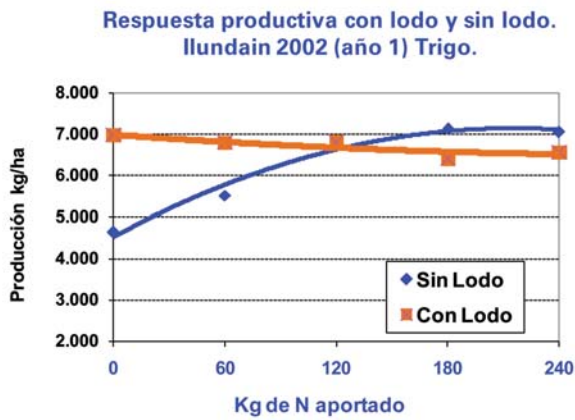
- 1.- Bien utilizado se trata de un producto seguro, que cuenta con amplia experiencia (más de 40 años en algunos países)
- 2.- Aporta dosis importantes de Nitrógeno, Fósforo y materia orgánica y **puede sustituir a importantes cantidades de abonos minerales, con el consiguiente ahorro de recursos** como el fósforo, cuyas reservas son limitadas, o el N limitando el lavado y las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 materia orgánica acrecienta la cosecha varias campañas.
- 4.- En definitiva **su uso agrícola permite el reciclaje del producto**, aprovechando su valor agronómico.



**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	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2010-11	2011-12	
Ilundain (Aranguren)	☒	☒	☒									
Paternain (Cizur)		☒	☒	☒								
Miranda de Arga				☒	☒	☒						
Liédena							☒	☒	☒			
Olite										☒	☒	

Gráfico 1. Resultados del ensayo de Ilundáin. Años 2002-2004.



**Eficiencia del N aportado por el lodo**



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.



Carga para reparto de lodo en parcela. Se debe aplicar preferentemente en seco.

## RECOMENDACIONES PARA EL USO AGRONÓMICO DE LODOS



- 1.- **El lodo debe reunir los requisitos exigidos:** composición, higienización, etc., que los debe garantizar quien nos lo suministra.
- 2.- **Aplicación al suelo:** es importante conseguir una dosificación adecuada y un reparto aceptablemente homogéneo. Conviene incorporarlo en los días siguientes a la aportación.
- 3.- **Evitar el pastoreo del ganado tras el aporte.**
- 4.- **Aportan importantes cantidades de materia orgánica y nutrientes útiles para los cultivos,** los cuales deben considerarse para descontarlos del plan de fertilización.
- 5.- **Debe utilizarse sobre cultivos extensivos, preferentemente de secano.** En cultivos hortícolas es legal pero resulta preferible no hacerlo por dos razones. La primera, por motivos de seguridad debe evitarse su uso en cultivo de aprovechamiento en crudo, (también otros estiércoles). La segunda, porque 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.
- 6.- **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.

Gráfico 2. Fósforo: Necesidades de los cultivos y aporte que supone una aplicación de 22 toneladas por hectárea

