



Fertilización con purín: Resultados agronómicos en doble cultivo anual de cebada-maíz y efecto residual en cebada (2006-2012)



1. Introducción

La fertilización con purín porcino en áreas productoras de esa especie es una práctica habitual, permite una sustitución total o parcial de la fertilización mineral y la gestión del purín producido. Recientemente se han publicado las Informaciones Técnicas nº 219 y nº 232 del Departamento de Agricultura del Gobierno de Aragón (Orús et al., 2010 y 2011), como recopilación de la fertilización con subproductos orgánicos, con un enfoque de gestión sostenible de los nutrientes en la agricultura y su justificación en relación a la normativa aragonesa.

En el área dónde se localizó el ensayo, que se presenta en esta información, se puede establecer el doble cultivo anual de cereal, por las condiciones climáticas adecuadas y disponibilidad de agua para el riego. Este doble cultivo anual permite maximizar la aplicación de purín agrónomicamente, dado que se fertiliza en tres ocasiones, coincidentes con los tres períodos: fondo y cobertera de cereal de invierno, y fondo en cereal de primavera. El aporte de purín en estos tres momentos como fertilizante sustituye al abono mineral, y además facilita una adecuada gestión del purín, a los ganaderos de porcino, que tendrían suficiente con una capacidad de almacenamiento para 4 meses (capacidad mínima según normativa; Orden 18 Mayo 2009).

El ensayo nos permitió, además de evaluar agrónomicamente el purín como fertilizante en condiciones de cultivo intensivo, valorar también su efecto en el suelo a medio/largo plazo, y tras cesar la aplicación de purín, evaluar el efecto residual.

Es conocido que en el purín porcino un nutriente principal es el nitrógeno (N), y con la particularidad frente a otros orgánicos que se encuentra mayoritariamente en forma mineral (N amoniacal), y con disponibilidad prácticamente inmediata para el cultivo. Pero también contiene otros macronutrientes significativos como es el fósforo (P) y el potasio (K), además de magnesio (Mg), y micronutrientes (Cu, Zn...) esenciales para las plantas, que aparecen en el suelo tras su aplicación (Gräber et al., 2005; Berenguer et al., 2008). El purín porcino también contiene sales, presentando valores de conductividad eléctrica elevados con valor promedio de 27 ± 9 dS/m (Yagüe et al., 2012; 126 muestras) que pueden incidir en las propiedades físico-químicas del suelo.



Foto 1: Detalle de maíz en siembra directa sobre rastrojo de cebada.

El sistema de laboreo tiene una importancia relevante en el manejo de la fertilización, en particular en orgánicos, cuando tras su aplicación no se produce una incorporación con la labor de enterrado, esto ocurre con aportes en siembra directa y cobertera, teniendo también influencia en la distribución estratificada de los nutrientes en el perfil del suelo.

Existen referencias bibliográficas (Irañeta et al., 2002; Daudén et al., 2004; Yagüe y Quílez, 2010; Cela et al., 2011) que evalúan el efecto residual del purín porcino tras 2-4 años aplicación reiterada en monocultivo. El efecto residual está muy influenciado por las características climáticas, edafológicas (textura, estructura, profundidad del suelo...) y sistema de manejo agrícola (laboreo, tipo de cultivo, método de aplicación del orgánico, sistema de riego...); por ello se deben realizar ensayos a medio-largo plazo, para conocer su efecto y considerarlo en los planes de fertilización.

El estudio realizado a medio-largo plazo de aportes de purín de forma continuada como fertilizante, permite conocer estrategias sostenibles. En esta información técnica se presentan los resultados de un ensayo agronómico que se inició en noviembre del 2006 hasta junio del 2012, de fertilización con purín porcino en 5 años consecutivos en doble cultivo de cereal (cebada-maíz) y la evaluación del efecto residual en la siguiente campaña de cebada. El sistema de laboreo ha sido en condiciones de mínimo laboreo en cebada y siembra directa en maíz (*foto 1*), cada vez más utilizados por los agricultores. Existen pocas referencias en la bibliografía que presenten ensayos de campo con más de 3 años de fertilización orgánica, valorando los efectos en rendimiento y sobre el suelo, por lo que este estudio confiere especial relevancia. Los resultados agronómicos de los 3 primeros años fueron publicados previamente en la Información Técnica nº 223 (Iguacél et al., 2010).

2. Objetivos

1. **Evaluar agrónomicamente el purín** como sustitutivo a la fertilización mineral en doble cultivo anual de cebada y maíz, **durante 5 campañas consecutivas**. En condiciones de **mínimo laboreo para cebada**, y **en siembra directa para maíz**.
2. **Evaluar el efecto residual** del purín **tras 5 campañas con doble cultivo** en el rendimiento de **cebada**.
3. Estudio de la **evolución de nutrientes del suelo y metales pesados** tras 5 campañas de fertilización mineral y purín porcino.

3. Metodología del ensayo agronómico

3.1. Diseño experimental

El campo de ensayo está ubicado en Valfarta (Huesca), (polígono 2, parcela 30) limítrofe con Bujaraloz (Zaragoza), en dicha parcela no se habían aportado purín u orgánicos con anterioridad, y el cultivo precedente en años anteriores fueron cereales. La parcela se encuentra equipada con **riego por aspersión**, disponiendo de llaves en las líneas de aspersores que permiten la apertura y cierre independiente, para los diferentes tratamientos cuando se realiza la fertilización mineral con el riego. El ensayo está descrito con mayor detalle en la información técnica citada nº 223 (Iguácel et al., 2010).

En el ensayo **se ha realizado durante 5 campañas consecutivas** en doble cultivo cebada-maíz, desde diciembre 2006 a diciembre 2011. Posteriormente, **y para poder evaluar el posible efecto residual del purín, en la campaña de cebada 2011/12, no se fertilizó con purín, sino que únicamente se aplicó fertilizante mineral en toda la parcela**.

El diseño experimental se ha realizado en bandas con **cinco tratamientos por bloque y tres repeticiones**. Un tratamiento sin aplicación fertilizante, control, otro exclusivamente con abonado mineral, que nos servirá de referencia, y en otros tres, diferentes estrategias de fertilización con purín porcino. En los tratamientos fertilizados con purín, no se ha considerado el contenido de nitrógeno orgánico de éste, para establecer la dosis de purín, sino que **se han aplicado las unidades fertilizantes de nitrógeno amoniacal en igual cantidad que el tratamiento mineral de referencia**. En la actualidad, en el momento de la aplicación de purín, los métodos rápidos disponibles solo permiten conocer el nitrógeno amoniacal, ver información técnica nº 195 (Yagüe et al., 2008) de métodos rápidos.

3.2. Descripción de los tratamientos

3.2.1. Durante las 5 campañas consecutivas de doble cultivo (2006/2011)

Los cinco tratamientos realizados en el ensayo se detallan a continuación:

- **Tratamiento control (T0):** sin aplicación fertilizante ni en forma orgánica ni mineral.
- **Tratamiento mineral (TM):**

En la fertilización de la **cebada**, en las dos primeras campañas se aplicaron 104 kg N/ha y las campañas sucesivas 120 kg N/ha, (un tercio en fondo y dos tercios en cobertera).

En el **maíz**, en la primera campaña, se aplicaron 200 kg N/ha y en las restantes 240 kg N/ha (fraccionado en fondo y dos coberteras). Este tratamiento está ajustado a las necesidades de los cultivos en función de las producciones de la zona (5,5 t/ha en cebada y 12 t/ha en maíz).

La dosis de nitrógeno se incrementó después de las tres primeras cosechas, al comprobar con los resultados de las mismas que los aportes de nitrógeno estaban muy ajustados, y para contrarrestar el posible efecto de bloqueo de nitrógeno (incorporación de los restos de cosecha, paja de cereal picada y cañote de maíz).

La fertilización fósforo-potásica fue en cebada 48 kg P₂O₅/ha y 32 kg K₂O/ha (400 kg de 4-12-8) y en maíz fue 60 kg P₂O₅/ha y 40 kg K₂O/ha (500 kg de 4-12-8), la aplicación está en el límite de las extracciones PK de la cebada y por debajo de las extracciones PK del maíz, pero el contenido de estos nutrientes en el suelo (0-30 cm) es medio-alto, 34 mg P/kg suelo (Olsen) y 340 mg K/kg suelo (Acetato amónico) (López-Ritas, 1978), por lo que no habrá deficiencia de estos nutrientes para el cultivo.

- **Tratamiento purín fondo (P100):** en este tratamiento, la totalidad de nitrógeno se ha aplicado en fondo en forma amoniacal con purín, en ambos cultivos cebada y maíz, en igual cantidad de nitrógeno que el total aplicado en el TM. Excepto en la última campaña de maíz (2011), que se aportó el 100% de las necesidades de nitrógeno (240 kg N/ha) en fondo, más un 43% (104 kg N/ha) sobreañadido, en una cobertera con fertilizante mineral.

- **Tratamiento purín cobertera 1 (PCob1):**

En la **cebada** se ha fertilizado solo con purín, en fondo y cobertera, durante los cinco años, repartido en **un tercio en fondo y dos tercios en cobertera** de las cantidades de nitrógeno en forma amoniacal del purín.

En la fertilización del **maíz, la cobertera sólo es posible realizarla con abonado mineral, y al objeto de optimizar la aplicación en fondo de purín**, se han planteado diversas estrategias, referido en porcentaje de nitrógeno en base a la dosis del tratamiento mineral correspondiente de cada año: en el 2007, en fondo el 66% y 33% en la segunda cobertera de maíz, en el año 2008, el 100% en fondo más un 25% sobreañadido en la segunda cobertera, en el año 2009, el 50% en fondo y 50% en cobertera (30% -1ª cobertera y 20% -2ª cobertera), en los dos últimos años 2010 y 2011, el 65% en fondo y 35% en segunda cobertera.

- **Tratamiento purín cobertera 2 (PCob2):**

En la fertilización de la **cebada con purín se ha aplicado mitad en fondo y mitad en cobertera**, en igual cantidad de N amoniacal del purín al total de nitrógeno aplicado en el tratamiento mineral.

En la fertilización del **maíz, las aplicaciones han sido, en fondo con purín y las coberteras con nitrógeno mineral**. Como en el tratamiento anterior, siempre referido en porcentaje, al nitrógeno aplicado en el tratamiento mineral correspondiente a cada año: en el año 2007, 15% en fondo con 50% y 35% en las coberteras, en el año 2008, 66% aplicado en fondo y 33% con la segunda cobertera, en el año 2009 en fondo 75% y 25% en la segunda cobertera, en los dos últimos años, 2010 y 2011 en fondo 80% y 20% en la segunda cobertera.

Los aportes de P y K cuando se aplica purín con el criterio de N, cubren las necesidades del cultivo de estos nutrientes.

Se exponen en las **Tablas 1 y 2** para cada tratamiento, cultivo y año de ensayo las dosis de nitrógeno aplicadas y su porcentaje respecto al tratamiento mineral.

Tabla 1. Fertilización nitrogenada en cebada en el tratamiento mineral (TM), y en los tratamientos de purín (PCob1, PCob2 y P100) expresada en porcentaje sobre TM, en las 5 campañas consecutivas (2006/07 a 2010/11) y en la campaña (2011/12) para evaluar el efecto residual en cebada.

Cebada	Tratamientos							T0
	TM	PCob1		PCob2		P100		
	Mineral <i>Fondo y Cobertera</i>	Purín(*) <i>Fondo</i>	Purín(*) <i>Cobertera</i>	Purín(*) <i>Fondo</i>	Purín(*) <i>Cobertera</i>	Purín(*) <i>Fondo</i>	<i>Cobertera</i>	
2006/07	104 kg N/ha	33%	66%	50%	50%	100%	0%	0%
2007/08	104 kg N/ha	33%	66%	50%	50%	100%	0%	0%
2008/09	120 kg N/ha	33%	66%	50%	50%	100%	0%	0%
2009/10	120 kg N/ha	33%	66%	50%	50%	100%	0%	0%
2010/11	120 kg N/ha	33%	66%	50%	50%	100%	0%	0%
2011/12	Mineral 90 kg N/ha							

(*) Porcentaje de nitrógeno en forma amoniacal aplicado con purín.

Tabla 2. Fertilización nitrogenada en maíz en el tratamiento mineral (TM), y en los tratamientos de purín (PCob1, PCob2 y P100) expresada en porcentaje sobre TM en las 5 campañas consecutivas (2006/07 a 2010/11).

Maíz	Tratamientos							T0
	TM	PCob1		PCob2		P100		
	Mineral Fondo y Cobertera	Purín(*) Fondo	Mineral Cobertera	Purín(*) Fondo	Mineral Cobertera	Purín(*) Fondo	Mineral Cobertera	
2007	200 kg N/ha	66%	33%	15%	85%	100%	0%	0%
2008	240 kg N/ha	100%	25%	66%	33%	100%	0%	0%
2009	240 kg N/ha	50%	50%	75%	25%	100%	0%	0%
2010	240 kg N/ha	65%	35%	80%	20%	100%	0%	0%
2011	240 kg N/ha	65%	35%	80%	20%	100%	43%	0%

(*) Porcentaje de nitrógeno en forma amoniacal aplicado con purín.

3.2.2. Durante la campaña de evaluación del efecto residual en cebada (2011/2012)

Para evaluar el posible efecto residual de los tratamientos fertilizados con purín porcino en los años anteriores, **se fertilizó el cultivo de cebada únicamente con abonado mineral en todos los tratamientos, incluido el control.**

La dosis de fertilizante mineral que se aplicó en toda la parcela fue de 90 kg N/ha (en fondo 20 kg N/ha con un abono triple 4-12-8, y 70 kg N/ha en cobertera, en forma de N26), **aproximadamente un 75% de las necesidades estimadas del cultivo (120 kg N/ha)**. Esta cantidad de fertilizante siendo inferior a las necesidades de la cebada, permitiría detectar el posible efecto residual de los tratamientos con purín aplicado durante los 5 años anteriores en doble cultivo (*Tabla 1*).

3.3. Muestreos y análisis

- **Purín.** El purín se ha aplicado mediante el método de abanico. En los tratamientos de fertilización con purín se han aplicado, la misma cantidad de nitrógeno en forma amoniacal, que en el tratamiento mineral. Para conocer el nitrógeno amoniacal del purín, **se ha analizado "in situ" antes de cada aplicación con métodos rápidos.** En las primeras aplicaciones se analizaba con el método Quantofix® y por conductimetría, y también se enviaban muestras de purín al laboratorio para su análisis completo. Al observar que los resultados no mostraban diferencias relevantes, entre el contenido amoniacal analizado con los métodos rápidos y en laboratorio, en el resto de aplicaciones de purín se analizó únicamente por conductimetría.

Se realizaron en los 5 años de ensayo 15 aplicaciones de purín, con un valor medio de N amoniacal de 4,7 kg/m³ determinado mediante métodos rápidos, con un rango de entre 3,2 y 5,7 kg/m³ de nitrógeno en forma amoniacal. Estas variaciones en la concentración de nitrógeno amoniacal observadas con el purín utilizado, confirman la necesidad de utilizar métodos rápidos, para hacer un buen ajuste de la dosis.

- **Suelo.** Se realizó un muestreo de caracterización físico-química del suelo: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, textura, N, P, K, carbonatos y caliza activa, de la capa superficial del suelo (0-0,30 m) al comenzar el ensayo en el año 2006.

Tras 3 campañas consecutivas de doble cultivo anual, se realizó la analítica de fertilidad físico-química del suelo y metales pesados (Cu y Zn): 30/11/2009; 26/11/2010 y 05/12/2011 (*foto 2*); en todos los tratamientos, para observar la evolución del suelo con fertilización mineral, purín y control.



Foto 2: Detalle de suelo tras cinco campañas en doble cultivo de cereal.

3.4. Prácticas agronómicas y cultivo

Se implantaron variedades de cebada precoces para no retrasar en exceso la siembra de maíz, las variedades han sido de ciclo 450-500. Las variedades fueron para cada campaña y cultivo las siguientes:

- Campaña 2006/07: Cebada variedad Unica y maíz variedad PR34N44.
- Campaña 2007/08: Cebada variedad Dobla y maíz variedad PR36B09.
- Campaña 2008/09: Cebada variedad Dobla y maíz variedad PR35B69.
- Campaña 2009/10: Cebada variedad Sakira y maíz variedad Archipel.
- Campaña 2010/11: Cebada variedad Pewter y maíz variedad PR35A56.
- Campaña efecto residual 2011/12: Cebada variedad Cometa.

La producción de cebada y maíz se ha obtenido mediante cosechadora de ensayos, la superficie cosechada en cada repetición fue 54 m² (36 x 1,5 m), con tres repeticiones por tratamiento. Se procedió a la medida de la humedad en grano con un medidor de campo (*foto 3*), para expresar la producción de cebada al 12% y maíz al 14% de humedad.

Las prácticas de **agricultura de conservación** han sido, en cebada tras maíz, **mínimo laboreo** de chisel y tren de siembra con rotovator, y para el cultivo de maíz, **siembra directa** sobre el rastrojo de cebada. Tras la cosecha de la cebada se picaba la paja y tras la cosecha del maíz se picada e incorporaba superficialmente el cañote de maíz). El control de plagas y malas hierbas fueron las habituales de la zona.

Las aplicaciones de purín se realizaron en el cultivo de la cebada en fondo y en cobertera (*foto 4*), antes del encañado de ésta, y sobre el maíz recién sembrado. Inmediatamente después de cada aplicación de purín se ha aplicado un riego ligero por aspersión, entre 10 y 15 litros por metro cuadrado, con la finalidad de infiltrar la fracción líquida del purín y con ella el nitrógeno amoniacal, minimizando así las posibles pérdidas de N en forma de amoníaco en el momento de la aplicación. Este riego ligero se contabiliza como parte de las necesidades para la nascencia de la semilla de maíz y el desarrollo del cultivo de cebada.

En la página siguiente se muestra el calendario de cada cultivo indicando las fechas de siembra, cosecha y aplicación de purín, en los cinco años de ensayo de doble cultivo y en la campaña de cebada para evaluar el efecto residual.



Foto 3: Medidor portátil de humedad de grano.



Foto 4: Aplicación del purín en cobertera en cereal de invierno.

Agenda	Fecha	
Efecto agronómico: 5 campañas consecutivas	Cebada 2006/07	Aplicación purín de fondo 28-11-06 Siembra 29-11-06 Aplicación purín en cobertera 02-03-07 Cosecha 05-06-07
	Maíz 2007	Siembra 06-06-07 Aplicación de purín en fondo 08-06-07 Cosecha 27-11-07
	Cebada 2007/08	Aplicación purín de fondo 07-12-07 Siembra 10-12-07 Aplicación purín en cobertera 14-03-08 Cosecha 16-06-08
	Maíz 2008	Siembra 18-06-08 Aplicación de purín en fondo 20-06-08 Cosecha 17-12-08
	Cebada 2008/09	Aplicación purín de fondo 17-12-08 Siembra 19-12-08 Aplicación purín en cobertera 21-03-09 Cosecha 17-06-09
	Maíz 2009	Siembra 17-06-09 Aplicación de purín en fondo 19-06-09 Cosecha 30-11-09
	Cebada 2009/10	Aplicación purín de fondo 05-12-09 Siembra 05-12-09 Aplicación purín en cobertera 03-02-10 Cosecha 16-06-10
	Maíz 2010	Siembra 18-06-10 Aplicación de purín en fondo 19-06-10 Cosecha 29-11-10
	Cebada 2010/11	Aplicación purín de fondo 01-12-10 Siembra 15-12-10 Aplicación purín en cobertera 11-03-11 Cosecha 14-06-11
	Maíz 2011	Siembra 15-06-11 Aplicación de purín en fondo 16-06-11 Cosecha 05-12-11
Efecto residual	Cebada 2011/12	Aplicación mineral de fondo 09-12-11 Siembra 09-12-11 Aplicación mineral en cobertera 20-02-12 Cosecha 14-06-12

4. Resultados agronómicos

4.1. Efecto agronómico de la fertilización en doble cultivo en 5 campañas consecutivas

El rendimiento de las cinco campañas de **cebada**, muestra que en los dos tratamientos que se combina la aplicación de purín en **fondo y cobertera (PCob1 y PCob2)**, (*Tabla 3*), **se alcanzan las producciones obtenidas en el tratamiento mineral (TM)**, en cambio en la aplicación de todas las necesidades de nitrógeno en forma de **purín en fondo (P100)**, **la producción es inferior**, en el promedio de los cinco años un 89% de la producción del TM. La aplicación fraccionada de purín resultó la más eficiente incluso supera ligeramente en promedio de los 5 años la producción el TM en un 4 y 8%. A efectos prácticos el fraccionamiento, 50% en fondo y 50% en cobertera es el más sencillo de realizar el campo, siempre la misma velocidad, además presenta un ligero incremento respecto a PCob1 aunque no fue relevante.

La **eficiencia del N amoniacal con el fraccionamiento del purín en cereal fue similar** al nitrógeno aportado con la **fertilización mineral** en el TM.

Tabla 3. Valores de rendimiento de cosecha (kg/ha), del cultivo de cebada en cada año de ensayo, (12% humedad) y tratamiento.

Cebada	Tratamientos				
	TM	PCob1	PCob2	P100	T0
2006/07	5.018	5.867	5.619	4.488	5.351
2007/08	4.861	4.881	4.736	3.983	1.918
2008/09	6.888	6.614	7.330	5.851	2.004
2009/10	6.557	7.118	7.417	6.013	1.039
2010/11	6.025	6.062	6.456	5.660	692
Total 5 campañas	29.349	30.542	31.558	25.995	11.004
Media de 5 campañas	5.870	6.108	6.312	5.199	2.201
Relación (*) Ti/T0	2,67	2,78	2,87	2,36	1,00
Relación (*) Ti/TM	1,00	1,04	1,08	0,89	0,37

(*) Ti: cada uno de los cinco tratamientos.

En el rendimiento del maíz, en las tres primeras campañas en los tratamientos PCob1 y PCob2, variaron con la finalidad de maximizar la aplicación de purín en fondo, y para alcanzar el rendimiento del tratamiento mineral, se hizo necesaria una cobertera mineral en maíz, entre 20 y 35% de las necesidades de nitrógeno. En los últimos años, 2010 y 2011, se valoraron en los tratamientos entre PCob1 y PCob2, aportando estas coberteras minerales (**Tabla 4**), sin diferencias significativas en rendimiento entre ellos; aunque ligeramente inferior rendimiento que el TM, como media la producción respecto al TM en los últimos dos años fue 88% en PCob1 y 90% en PCob2. En el tratamiento P100 se observa que en general (con la excepción en el año 2009) **la aplicación única en fondo, refleja que el nitrógeno no queda disponible para el cultivo**, ya que no se alcanza el valor de rendimiento del TM (**Tabla 4**). En el año 2011, se aplicó en el tratamiento P100; el 100% de las necesidades (equivalentes a TM) en fondo y además en la primera cobertera, aportando un 43% más de las necesidades con abono mineral, el resultado es que incluso supera ligeramente al rendimiento en TM (**Tabla 4**).

Estos resultados confirman que no puede sustituirse totalmente la fertilización mineral en maíz, y se precisa de cobertera mineral dado que los aportes elevados de N en fondo sufren presumiblemente pérdidas por lavado (riego-lluvias); en esta práctica, que es realizada por algunos agricultores, el principal problema es que para alcanzar esta producción el aporte de N es excesivo, un 143% de las necesidades del cultivo, no siendo viable económicamente ni sostenible medioambientalmente.

Tabla 4. Valores de rendimiento de cosecha (kg/ha) del cultivo de maíz en cada año de ensayo (14% humedad) y tratamiento.

Maíz	Tratamientos				
	TM	PCob1	PCob2	P100	T0
2007	11.774	9.192	11.876	7.629	4.838
2008	11.251	11.459	11.964	10.682	4.061
2009	12.576	13.621	12.100	12.105	3.848
2010	12.231	10.787	10.834	9.189	2.656
2011	13.732	11.981	12.519	14.248	3.813

Recordar que para poder realizar una **aplicación eficiente del nitrógeno del purín**, es preciso ajustar las dosis a las necesidades del cultivo. Por tal motivo, es preciso conocer la concentración de N del mismo, y este valor puede ser variable a lo largo del año en una misma granja (estacionalidad, edad de los animales, alimentación, manejo del agua, tiempo almacenamiento en fosa...). La **utilización de métodos rápidos "in situ"** resulta ser una herramienta rápida y fiable, para uso rutinario en la fertilización con purín, como se observó en el ensayo.

4.2. Efecto residual de la fertilización con purín en cebada tras 5 campañas consecutivas en doble cultivo

En este último año de ensayo 2011/12, el objetivo fue detectar el posible efecto residual del purín aplicado durante los 5 años anteriores, **para ello se aplicó una dosis de mineral inferior a las necesidades estimadas de N para el cereal (75%)**. Los resultados en rendimiento al 12% humedad (**Tabla 5**), detectaron diferencias entre tratamiento control (T0) con los tratamientos fertilizados (excepto el PCob1, no se puede explicar ya que el total de N aplicado fue igual que el resto de tratamientos).

Tabla 5. Valores de rendimiento de cebada (kg/ha, 12% humedad) en la campaña de evaluación del efecto residual con aporte de fertilización mineral 90 kg N/ha.

	Tratamientos				
	TM	PCob1	PCob2	P100	T0
Cebada 2011/12	90 kg N/ha				
Rendimiento (kg/ha)	6.216	5.526	5.954	5.853	5.316
Relación ^(*) Ti/T0	1,17	1,04	1,12	1,10	1,00
Relación ^(*) Ti/TM	1,00	0,89	0,96	0,94	0,86

^(*) Ti: cada uno de los cinco tratamientos.

Los resultados de rendimiento no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos de purín, PCob2 y P100 respecto al tratamiento mineral TM, por lo tanto no se detectó un efecto residual asociado al purín en rendimiento. Pero sí se detectó un efecto residual en los tratamientos fertilizados durante los 5 años anteriores, se obtuvo un mayor rendimiento de cebada en estos independientemente que su fertilización fuera mineral u orgánica, entre 10-17% más de rendimiento (excepto PCob1), respecto al tratamiento control T0 (**Tabla 5**).

5. Evolución de nutrientes y metales pesados en el suelo

5.1. Muestras de inicio (2006) y final (2011), en la capa superficial de suelo

El suelo presenta una textura (USDA) franco-arcillo-limosa (28,7% arena, 41,8% limo y 29,5% arcilla) en su análisis inicial (2006), es moderadamente básico, con una conductividad eléctrica (CE) que no indica problemas de salinidad, con un contenido medio de materia orgánica (**Tabla 6**), y su contenido de carbonatos totales fueron 34,2% (caliza activa 11,1%).

Tabla 6. Análisis inicial (2006) y final (2011) del suelo en la capa superficial (0-0,30 m).

Parámetro	Inicial 2006	Final 2011				
		TM	PCob1	PCob2	P100	T0
pH en agua (1:2,5) ^(*)	8,2	8,5	8,4	8,5	8,5	8,4
Conductividad eléctrica (1:5; dS/m) ^(**)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Materia orgánica (%)	2,5	2,7	2,7	2,8	2,4	2,6
Nitrógeno mineral (mg N-NO ₃ /kg)	13,6	17,0	21,3	13,0	18,0	4,3
Fósforo (Olsen, mg P/kg)	34,2	33,7	34,5	39,7	44,7	38,3
Potasio (Ext. Ac. Am, mg K/kg)	340	339	530	516	543	389
Magnesio (meq/100g suelo)	4,3	4,4	5,6	5,4	5,1	5,7

^(*) pH en agua 1:2,5 (suelo:agua destilada).

^(**) Conductividad eléctrica en agua 1:5 (suelo:agua destilada).

Las variaciones en los parámetros del suelo evaluado en la **capa superficial** al inicio del ensayo y al final, tras los 5 años de fertilización continuada en cada tratamiento, se observa que el pH y la CE no se alteraron **por el aporte de purín, no hubo salinización** (**Tabla 6**), en cuanto a la materia orgánica se observa un ligero incremento (excepto en P100), atribuido principalmente al sistema de laboreo y no al tipo de fertilización con purín ya que también se observa en el tratamiento mineral, TM y T0.

En cuanto a los macronutrientes NPK (**Tabla 6**), el **fósforo no presentó una variación relevante al final del ensayo respecto del inicio**, tampoco asociado al purín, sí se detecta en el tratamiento P100 tiene un ligero incremento respecto al resto de tratamientos y al valor inicial; en cambio, en el **potasio sí se detecta un incremento en los tratamientos en los que han recibido purín** respecto del T0 y TM; el **nitrógeno mineral** inicial fue de 13,6 mg N-NO₃/kg suelo y en los **tratamientos fertilizados se incrementó ligeramente** hasta el 21,3 mg N-NO₃/kg suelo, el control disminuyó notablemente respecto al valor inicial (4,3 mg N-NO₃/kg suelo), mostrando deficiencia en este nutriente el cultivo.

5.2. Efecto de los distintos tratamientos de fertilización tras 5 campañas consecutivas en los principales parámetros del suelo a diferentes profundidades

Las **Tablas 7, 8 y 9** recogen los distintos parámetros del suelo, en las dos profundidades, tras 3, 4 y 5 campañas de doble cultivo respectivamente. En los resultados de los parámetros se observa, en las tres tablas hay un efecto del sistema de laboreo y fertilización en la distribución de nutrientes como nitrógeno mineral, fósforo y potasio, también en la materia orgánica; estos presentan mayor contenido en la capa superficial, 0-30 cm respecto a la capa inferior, 30-60 cm. El sistema de mínimo laboreo y siembra directa se caracterizan por no ser superior la profundidad de trabajo de 25-30 cm, lo que influye en la estratificación de nutrientes en el perfil del suelo.

Tabla 7. Contenido de nutrientes y metales pesados de los diferentes tratamientos tras 3 campañas consecutivas de doble cultivo en el muestreo de suelo realizado el 30 de noviembre del 2009.

Tratamiento	Prof. (cm)	pH ^(*) 1:2,5	CE dS/m	MO %	P mg/kg	K mg/kg	Mg meq/100g	Cu mg/kg	Zn mg/kg
TM	0-30	8,5	0,2	2,8 b	40,5 ab	477	5,0	1,0	2,6 b
PCob1	0-30	8,6	0,2	2,7 b	35,0 b	692	5,7	1,2	3,2 ab
P100	0-30	8,5	0,2	3,3 a	57,6 a	878	5,4	1,3	3,7 a
T0	0-30	8,4	0,2	2,6 b	47,8 ab	472	5,5	1,2	3,0 ab
Significación ^(**)		NS	NS	S	S	S	NS	NS	S
TM	30-60	8,5	0,2	1,4 b	9,1 b	231 c	7,0	0,9	1,3 b
PCob1	30-60	8,8	0,2	1,6 ab	7,7 b	367 ab	7,4	1,0	1,4 b
P100	30-60	8,6	0,2	2,0 a	23,3 a	481 a	6,9	0,9	2,8 a
T0	30-60	8,6	0,2	1,8 ab	11,7 ab	362 b	6,7	1,0	Sd ^(***)
Significación ^(**)		NS	NS	S	S	S	NS	NS	S

^(*) pH, en agua 1/2,5 (suelo/agua destilada); CE: conductividad eléctrica en extracto de agua 1/5 (suelo/agua destilada). MO: materia orgánica; P: fósforo (Olsen); K: potasio (Acetato amónico); Mg: magnesio; Cu: cobre (EDTA); Zn: Zinc (EDTA).

^(**) NS: no significativo $p > 0,05$; S: Significativo $p < 0,05$. Letras diferentes en columna significan diferencias entre tratamientos $p < 0,05$.

^(***) Sd: Sin dato.

Tabla 8. Contenido de nutrientes y metales pesados de los diferentes tratamientos tras 4 campañas consecutivas de doble cultivo en el muestreo de suelo realizado el 26 de noviembre del 2010.

Tratamiento	Prof (cm)	pH ^(*) 1:2,5	CE dS/m	MO %	P mg/kg	K mg/kg	N-NO ₃ mg/kg	Mg meq/100g	Cu mg/kg	Zn mg/kg
TM	0-30	8,4	0,2	2,6	21,0 b	342	16,3 a	4,0	0,7 b	Sd ^(***)
PCob1	0-30	8,3	0,2	2,9	41,7 a	583	16,0 a	4,1	1,1 a	Sd
P100	0-30	8,4	0,2	2,7	44,7 a	520	15,3 a	4,5	0,9 ab	Sd
T0	0-30	8,3	0,2	2,9	47,7 a	444	6,3 b	4,2	0,9 ab	Sd
Significación ^(**)		NS	NS	NS	S	S	S	NS	S	
TM	30-60	8,5	0,2	1,6	6,7 b	165	10,3 a	4,6	0,7	Sd
PCob1	30-60	8,5	0,2	1,8	10,0 ab	255	5,3 ab	4,8	0,6	Sd
P100	30-60	8,5	0,2	1,5	9,3 ab	229	4,7 b	5,3	0,6	Sd
T0	30-60	8,5	0,2	1,8	13,7 a	259	3,7 b	5,6	0,8	Sd
Significación ^(**)		NS	NS	NS	S	NS	S	NS	NS	

^(*) pH, en agua 1/2,5 (suelo/agua destilada); CE: conductividad eléctrica en extracto de agua 1/5 (suelo/agua destilada). MO: materia orgánica; P: fósforo (Olsen); K: potasio (Acetato amónico); N-NO₃: nitrógeno en forma de nitrato, Mg: magnesio; Cu: cobre (EDTA); Zn: Zinc (EDTA).

^(**) NS: no significativo $p > 0,05$; S: Significativo $p < 0,05$. Letras diferentes en columna diferencias significan entre tratamientos $p < 0,05$.

^(***) Sd: Sin dato.

Tabla 9. Contenido de nutrientes y metales pesados de los diferentes tratamientos tras 5 campañas consecutivas de doble cultivo en el muestreo de suelo realizado el 5 de diciembre del 2011.

Tratamiento	Prof (cm)	pH ^(*) (1:2,5)	CE (dS/m)	MO (%)	P mg/kg	K mg/kg	N-NO ₃ mg/kg	Mg meq/100g	Cu mg/kg	Zn mg/kg
TM	0-30	8,5	0,2	2,7	33,7	339 b	17,0 ab	4,4	0,9 b	1,0 a
PCob1	0-30	8,4	0,2	2,7	34,3	530 c	21,3 a	5,6	1,2 a	3,0 c
PCob2	0-30	8,5	0,2	2,8	39,7	516 c	13,0 b	5,4	1,3 a	3,2 c
P100	0-30	8,5	0,2	2,4	44,7	543 c	18,0 ab	5,1	1,1 a	3,2 c
T0	0-30	8,4	0,2	2,6	38,3	389 b	4,3 c	5,7	1,1 a	1,7 b
Significación (**)		NS	NS	NS	NS	S	S	NS	S	S
TM	30-60	8,6	0,2	1,5	14,7	136 c	9,7 a	5,6	0,9	0,4 b
PCob1	30-60	8,5	0,2	1,9	17,3	327 a	7,7 a	6,7	1,0	1,8 a
PCob2	30-60	8,5	0,2	1,7	17,3	298 ab	7,0 ab	6,6	1,1	1,5 a
P100	30-60	8,4	0,2	1,7	14,7	217 bc	9,3 a	6,7	0,9	1,7 a
T0	30-60	8,6	0,2	2,0	23,0	298 ab	2,7 b	6,8	1,0	1,2 a
Significación (**)		NS	NS	NS	NS	S	S	NS	NS	S

(*) pH, en agua 1/2,5 (suelo/agua destilada); CE: conductividad eléctrica en extracto de agua 1/5 (suelo/agua destilada). MO: materia orgánica; P: fósforo (Olsen); K: potasio (Acetato amónico); N-NO₃: nitrógeno en forma de nitrato; Mg: magnesio; Cu: cobre (EDTA); Zn: Zinc (EDTA).

(**) NS: no significativo p>0,05; S: Significativo p<0,05. Letras diferentes en columna diferencias significan entre tratamientos p<0,05.

El efecto de los diferentes tratamientos para cada parámetro en cada profundidad de suelo (**foto 5**), se puede resumir de forma general:

En la profundidad 0-30 cm:

- **pH**, no hay diferencias entre tratamientos, no hay efecto de la fertilización mineral u orgánica.
- **La conductividad eléctrica (CE)**, no se incrementa con el aporte de purín al suelo, por lo que no hay un efecto de salinización del suelo, siempre que se apliquen dosis agronómicas.
- **La materia orgánica (MO)** se incrementa ligeramente respecto al inicial, muy posiblemente por el sistema del laboreo, mínimo laboreo, y no por la materia orgánica que aporta el purín, ya que las diferencias entre el control (T0) y P100 son pequeñas.
- **Fósforo (P)**, no hay diferencia en general con el control, T0 y los tratamientos de purín; aunque aparezcan muestreos en los que el TM es ligeramente inferior a los tratamientos con purines y también respecto al control, podría asociarse a las extracciones del cultivo y aportes fueron inferiores a las necesidades del cultivo en el TM, pero el contenido de P sigue manteniéndose en valores medio-altos, con valores similares al valor inicial. Destacar el valor del tratamiento P100 en el último muestreo, este tratamiento es donde la aplicación de purín fue máxima, se detecta un incremento de P, por lo que este tratamiento no es recomendable.
- **Potasio (K)**, en los tratamientos con purines se observa una acumulación de K, respecto al TM. En el caso del control no hay diferencias con los tratamientos que han recibido purín, en el año 2010, pero si en los otros años. El similar contenido de K en TM y T0, nos podría indicar que las extracciones de K son elevadas por las producciones altas en TM y su aporte con K mineral es inferior a las necesidades, pero la concentración de este elemento en el suelo aún se encuentra en niveles medios altos, por lo que se aconsejaría mantenerla o ligero descenso en la fertilización potásica y fosfatada.



Foto 5: Detalle del muestreo en la capa superficial del suelo.

- **N-mineral (N-NO₃)**, en general en el control es menor respecto al resto de tratamientos, no se observa una acumulación importante dado que se ha ajustado la dosis a las necesidades en todos los tratamientos.
- **Magnesio (Mg)**, no hay diferencias entre tratamientos incluido el control, la fertilización no afecto a la concentración de este nutriente en el suelo.
- **Cobre (Cu)**, no se detectan diferencias entre los tratamientos que han recibido purín y el tratamiento control, en dos años el TM es inferior a los que han recibido purín, pero destacar que en el último muestreo 2011 hay diferencias entre el control y TM, los tratamientos de purín presentan valores similares al control.
- **Zinc (Zn)**, se observa que los tratamientos TM y T0 cuantitativamente difieren poco de los tratamientos con purín, en el primer muestreo de suelo y la concentración de Zn desciende en estos tratamientos el muestreo final, asociado a las extracciones del cultivo, en cambio los tratamientos con purín PCob1 y P100 mantuvo la concentración de Zn en ambos muestreos en esta capa superficial, indicando que los aportes de Zn fueron similares a las extracciones del cultivo.

En la profundidad 30-60 cm:

- **pH, CE y Mg**, no hubo diferencias entre tratamientos y los valores son similares a la capa superficial.
- **MO** presento valores inferiores respecto a la capa superficial, sin diferencias entre los tratamientos fertilizados y control.
- **Macronutrientes NPK**, en todos descendieron las concentraciones respecto a la capa superficial.
 - **P**, los tratamientos con purín no fueron diferentes respecto al T0 o TM en el último muestreo, por lo que no hubo una acumulación del nutriente asociada a la aplicación del purín.
 - **K**, los tratamientos con purín no fueron diferentes al T0, destacar el notable y significativo descenso del potasio en el tratamiento mineral, TM, en esta profundidad en el último muestreo.
 - **N-NO₃**, se detecta un importante descenso del contenido de N mineral en el tratamiento control, dado a que no hubo aportación de fertilizante. En los tratamientos fertilizados con purín o mineral no hubo diferencias en el contenido de N mineral, con valores entre 7,0 y 9,7 mg N-NO₃/kg suelo.



Foto 6: Vista del ensayo en primavera, deficiencia de N en el tratamiento P100 (todas las unidades de N aportadas en fondo).

- **Cu y Zn**, el contenido de cobre apenas desciende en esta profundidad respecto a la capa superficial, no se detectan diferencias entre tratamientos; en el zinc hubo un descenso de su contenido en profundidad, alrededor de la mitad de la concentración en la capa superficial; el tratamiento TM en el muestreo final fue el que menor concentración de Zn presento, asociado a las extracciones del cultivo, y esta concentración significativamente diferente a los tratamientos de purín y control.

Tras 10 cosechas cebada-maíz (5+5), con fertilización con purín porcino, sustituyendo por completo la fertilización mineral en cebada y entre un 65-80% la fertilización mineral en maíz, no ha incrementado la salinidad del suelo, el resto de nutrientes y características físico-químicas se mantuvieron similares o muy ligero incremento al control o tratamiento mineral. Excepto en contenido de K se incrementó su concentración en el suelo en estos tratamientos con purín, el K no tiene efectos medioambientales nocivos conocidos. El tratamiento P100 (todas las necesidades N en fondo) es una estrategia no recomendable, ni desde el punto de vista productivo ya que no se alcanza el rendimiento máximo, ni desde el punto de vista medioambiental, induciría a la acumulación de fósforo en el suelo, y puede conllevar consecuencias medioambientales (*foto 6*).

Dado que apenas se detecta un ligero incremento en P los tratamientos con purín, PCob1 y PCob2 y sí un mayor incremento de K; para evitar posibles futuras acumulaciones de P y K, y dado que las condiciones iniciales de estos elementos en el suelo que eran medio-alto, se recomienda alternar con la fertilización mineral únicamente nitrogenada en alguna campaña, por ejemplo por cada 4 ó 5 años de fertilización con purín. Esto permitiría alcanzar niveles medios de PK en el suelo, además de evitar posibles incidencias en el medio ambiente y ahorrar en fertilización fósforo-potásica en alguna campaña.

6. Consideraciones en la fertilización orgánica y normativa

Como ya indicamos en la información técnica anterior (Iguácel et al., 2010) en referencia a la normativa de Zonas Vulnerables de Aragón (Orden 18 mayo 2009) que limita a 170 kg N/ha y año, los aportes de fertilizantes orgánicos, así como el Decreto 94/2009 de 26 de mayo (Directrices Sectoriales sobre actividades e instalaciones ganaderas) limita estos mismos aportes hasta el equivalente de 210 kg N/ha y año, fuera de las zonas vulnerables.

En **zonas vulnerables** el cómputo del N contenido en los estiércoles, se calcula sobre el N total (Nt), con lo cual, el aporte máximo de orgánicos 170 kg Nt/ha, proporcionaría en términos de eficiencia real en el caso de los purines porcinos (Orús et al., 2010; 0,71-0,76 kg N amoniacal/kg Nt): $170 \times (0,71-0,76) = (120-129)$ kg de N amoniacal por ha y año, que trasladado al caso de nuestro ensayo (doble cultivo anual; cebada-maíz), cubriría únicamente las demanda de la cebada, pero no podría fertilizarse el maíz, como doble cultivo anual.

En **zonas no vulnerables**, con el limite, a 210 kg Nt/ha y año, y con la misma hipótesis de cálculo, en purín porcino: $210 \times (0,71-0,76) = (149-160)$ kg de N amoniacal por ha y año, nos permitiría fertilizar la cebada dado que supera las necesidades (120 kg N amoniacal/ha), pero solo tendríamos disponible 29-40 kg N/ha para fertilizar el maíz, es decir, solo cubriría entre 12 y 17% de las necesidades del maíz (240 kg N/ha), dosis tan bajas, son en la práctica difícil de aplicar adecuadamente con purín porcino con el método de abanico.

En este ensayo las aportaciones anuales de nitrógeno total del purín, para cubrir las necesidades de nitrógeno de los dos cultivos (100% en cebada y 65-80% en maíz) fueron superiores al máximo de 210 kg de nitrógeno total /ha y año que contempla la Directriz sectorial sobre actividades e instalaciones ganaderas (Decreto 94/2009), en forma de orgánicos, y las zonas no vulnerables.

Una mayor precisión en las normas obligaría a introducir el concepto de la eficiencia de los fertilizantes, pero requeriría un trabajo previo de investigación y experimentación (Orús et al., 2011) que permitiera obtener la autorización de la Unión Europea para superar los límites de 170 kg N/ha año en zonas vulnerables y los 210 kg N/ha año en zonas no vulnerables, en zonas como la del estudio, en que las extracciones anuales en el doble cultivo superan estos límites.

En nuestras condiciones, la eficiencia teórica del N aportado con el purín porcino fue la equivalente a su contenido en N amoniacal, no detectando un efecto residual en rendimiento, se desconocen las posibles pérdidas producidas por lixiviado de nitrato y/o por otros procesos (volatilización, desnitrificación,..) aunque con criterio de fertilización en base a las extracciones de N del cultivo, con fraccionamiento y medidas de mitigación de pérdidas por volatilización (riego inmediatamente posterior a la aplicación de purín), ayudan a minimizar las pérdidas de N del sistema; futuros trabajos experimentales en condiciones de mínimo o no laboreo deberían plantearse para mejorar esta eficiencia, con estrategias que minimizaran al máximo las pérdidas de N y su impacto ambiental (suelo, agua y atmósfera).



Foto 7: Balsa de almacenamiento de purín porcino.

La Orden de 18 mayo de 2009 (BOA 03 junio de 2009), en referencia a la capacidad de almacenamiento del purín establece un mínimo de 4 meses (*foto 7*); en zonas como esta dónde los cultivos son cereales de invierno (trigo-cebada) y/o de primavera (maíz), el aporte de purín como fertilizante se realiza en fondo cereal de invierno, octubre-noviembre, cobertera en cereal de invierno, febrero-marzo y en fondo de maíz, abril, desde abril a octubre el purín no tiene cultivo para fertilizar, se supera la capacidad mínima de 4 meses de almacenamiento de los ganaderos.

7. Conclusiones

- **Los resultados productivos en cebada** mostraron que es posible la sustitución de fertilización mineral por purín porcino, realizando el fraccionamiento del mismo, fondo y cobertera. La eficiencia del N amoniacal del purín fue similar a la fertilización mineral, no hubo diferencias en rendimiento.
- **Los resultados productivos del maíz** mostraron la necesidad de una cobertera nitrogenada mineral complementaria al purín de fondo, para alcanzar el rendimiento del tratamiento mineral. Las coberteras minerales 20 y 35% de las necesidades del cultivo no mostraron diferencias entre si, ni con el tratamiento mineral (su rendimiento fue 88% y 90% de la producción de la fertilización mineral).
- La aplicación de purín sobre los residuos de la cosecha anterior y un **riego inmediatamente posterior en condiciones de mínimo laboreo ó siembra directa**, contribuye a **mejorar la eficiencia del N aplicado** con el purín dado que se **minimizan las pérdidas de N por volatilización**, por lo que es una estrategia a recomendar, en este tipo de sistemas de laboreo.
- **Efecto residual** no fue relevante en este sistema agrario de doble cultivo de cereal anual en siembra directa y mínimo laboreo, con riego por aspersión, en que los aportes de dosis purín se realizan en base al contenido de N en forma amoniacal y se ajustan a las extracciones del cultivo, es decir, la cantidad de N orgánico aportado con el purín **no fue lo suficientemente relevante como para detectar un efecto del purín en el rendimiento de la cosecha posterior**.
- En la **valoración de los parámetros del suelo**, tras 5 campañas consecutivas de fertilización con purín, en **dosis agronómicas** en las que se sustituye el 100% de las necesidades de N en cebada (fraccionamiento purín) y entre el 65-80% de las necesidades de N (complementado con cobertera N mineral), no se producen efectos nocivos en el suelo, presentando los **valores de los parámetros estudiados**, en general, en el **rango habitual de fertilidad del suelo**.

8. Referencias bibliográficas

- Berenguer, P., Cela, S., Santiveri, F., Boixadera, J., Lloveras, J. 2008. Copper and zinc soil accumulation and plant concentration in irrigated maize fertilized with liquid swine manure. *Agronomy Journal*. 100: 1056-1061.
- Dauden, A., Quilez, D., Martínez, C. 2004. Residual effects of pig slurry applied to a Mediterranean soil on yield and N uptake of a wheat crop. *Soil Use and Management* 20: 156-162.
- Cela, S., Santiveri, F., Lloveras, J. 2011. Residual effects of pig slurry and mineral nitrogen fertilizer on irrigated wheat. *European Journal of Agronomy* 34: 257-262.
- Decreto 94/2009, de 26 de mayo, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba la revisión de las Directrices Sectoriales sobre actividades e instalaciones ganaderas. (BOA nº 106, de 05.06.09).
- Gräber, I., Hansen, J.F., Olensen, S.E., Petersen, J., Ostergaars, H.S., Krogh, L. 2005. Accumulation of copper and zinc in Danish agricultural soils in intensive pig production areas. *Danish Journal of Geography*. 105: 15-22.
- Iguacél, F., Yagüe, M.R., Orús, F., Quilez, D. 2010. Fertilización con purín en doble cultivo anual, en mínimo laboreo, y riego por aspersión. *Informaciones Técnicas del Dpto de Agricultura del Gobierno de Aragón* Nº223, 12 pág.
- Irañeta, I., Abaigar, A., Santos, A. 2002. Purín porcino ¿fertilizante o contaminante? *Navarra Agraria*. Mayo-Junio, 132: 9-23.
- Orden de 18 de mayo de 2009, del Consejero de Agricultura y Alimentación por la que se aprueba el III Programa de Actuación sobre las zonas vulnerables (BOA nº 104, de 03.06.09).
- Orús, F., Yagüe, M.R., Iguacél, F. 2010. Uso de los estiércoles en la fertilización agrícola y su justificación en relación con la normativa aragonesa. *Inf Técnica del Dpto de Agricultura*, Nº 219.
- Orús, F., Betrán, J., Iguacél, F., López, M.V. 2011. Fertilización con subproductos orgánicos (Hacia una gestión sostenible de los nutrientes en la agricultura). *Informaciones Técnicas*. Nº232, 72 pág.
- López-Ritas, J., López-Mélida, J. 1989, Diagnóstico de suelos y plantas: Métodos de campo y laboratorio. *Mundiprensa*. 333p.
- Yagüe, M.R., Bosch-Serra, A.D., Boixadera, J. 2012. Measurement and estimation of the fertilizer value of pig slurry by physicochemical models: usefulness and constraints. *Biosystems Engineering*. 111: 206-216.
- Yagüe, M.R., Quilez, D. 2010. Cumulative and residual effects of swine slurry and mineral in irrigated maize. *Agronomy Journal*. 102: 1682-1691.
- Yagüe, M.R., Quilez, D., Iguacél, F., Orús, F. 2008. Métodos rápidos de análisis como herramienta de gestión en la fertilización con purín porcino: conductimetría. *Informaciones Técnicas*. Nº195, 16 pág.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) con el proyecto RTA04-114 y el Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón a través de las actividades previstas en el marco del Programa de Desarrollo Rural para Aragón 2007-2013, Proyecto Demostración “Utilización del purín porcino en condiciones de mínimo laboreo: sostenibilidad y rentabilidad económica” (DER-2009-02-50-7290009-553).

Los autores también desean agradecer al agricultor D. Gerardo Rozas por el interés y disposición en la realización del ensayo. También al personal laboral del Centro de Transferencia Agroalimentaria (CTA) y al personal de campo del departamento de Suelos y Riegos del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA); también, agradecer al Laboratorio Agroalimentario el soporte y atención permanente en la realización de las analíticas de suelo.



Aplicación de purín en fondo sobre rastrojo de cereal.

Índice:

1. Introducción	2
2. Objetivos	3
3. Metodología del ensayo agronómico	3
3.1. Diseño experimental	3
3.2. Descripción de los tratamientos	3
3.2.1. Durante las 5 campañas consecutivas de doble cultivo (2006/2011)	3
3.2.2. Campaña de evaluación del efecto residual en cebada (2011/2012)	5
3.3. Muestreos y análisis	5
3.4. Prácticas agronómicas y cultivo	6
4. Resultados agronómicos	7
4.1. Efecto agronómico de la fertilización en doble cultivo en 5 campañas consecutivas	7
4.2. Efecto residual de la fertilización con purín en cebada tras 5 campañas consecutivas en doble cultivo	8
5. Evolución de nutrientes y metales pesados en el suelo	9
5.1. Muestreo de inicio (2006) y final (2011) en la capa superficial del suelo	9
5.2. Efecto de los distintos tratamientos de fertilización tras 5 campañas consecutivas en los principales parámetros del suelo a diferentes profundidades	10
6. Consideraciones en la fertilización orgánica y normativa	13
7. Conclusiones	14
8. Referencias bibliográficas	15

Autores:

María Rosa Yagüe Carrasco Unidad de Suelos y Riegos (Unidad asociada EEAD-CSIC) CITA.
Ingeniero Agrónomo COIAL-1775.

Francisco Iguácel Soterias Centro de Mejora Ganadera. Servicio de Recursos Ganaderos.

Fernando Orús Pueyo Unidad de Tecnología Vegetal.

Los ensayos presentados en esta Información Técnica han sido financiados con fondos de la Unión Europea (FEADER) y del Gobierno de Aragón (Programa de Desarrollo Rural para Aragón 2007-2013; Información y formación profesional, medida 111, submedida 1.7)

Los trabajos experimentales se han realizado en el marco de la RED DE FORMACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN AGRARIA DE ARAGÓN

Se autoriza la reproducción íntegra de esta publicación, mencionando sus autores y origen: Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón.

Para más información, puede consultar al CENTRO DE MEJORA GANADERA:
Av. Montañana, 930 • 50059 Zaragoza • Teléfono 976 71 63 37 - 976 71 63 41

Correo electrónico: cta.sia@aragon.es - agricultura@aragon.es

■ **Edita:** Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario. Servicio de Recursos Agrícolas. ■ **Composición:** Unidad de Tecnología Vegetal ■ **Depósito Legal:** Z-3094/96. ■ **I.S.S.N.:** 1137/1730.

