



Fertilización con purín porcino en fondo y cobertera en cereal de secano



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural. FEADER



**GOBIERNO
DE ARAGON**

Departamento de Agricultura,
Ganadería y Medio Ambiente

1. Introducción

La fertilización con purín es una práctica habitual para aportar nutrientes a los cultivos, en zonas productoras de porcino en España. **En la Comunidad de Aragón el censo porcino representa el 21% de España** (6,3 millones de plazas en el año 2013) tras Cataluña (6,7 millones de plazas en el año 2013), en ambas comunidades se concentra más del 50% de la producción porcina de España (MAGRAMA, 2014).

En Aragón, los cultivos extensivos de cereal de invierno trigo y cebada, suponen 1,2 millones de toneladas, en una superficie de 682.346 ha (año 2013; MAGRAMA, 2014). **La demanda de fertilizantes para estos cultivos puede sustituirse en gran medida por abonos orgánicos procedentes de los estiércoles ganaderos.**

En esta comunidad, el auge del porcino se ha desarrollado en producción intensiva y la evacuación de estiércol es en forma de purín. En la situación actual de costes de tratamiento, de cierre de plantas por reajustes en el sector energético, la sostenibilidad económica y ambiental de la producción porcina pasa por incrementar el conocimiento en fertilización con purín en diferentes estrategias y condiciones edafoclimáticas.

Los estudios realizados demuestran que el purín permite sustituir total o parcialmente a la fertilización mineral en condiciones mediterráneas en cereal de invierno siempre realizados en aplicación antes de la siembra (Irañeta y col. 2002; Plaza, 2002; Iguacél y col. 2010 y 2011; Hernández y col. 2013; Yagüe y col. 2013). La dinámica del N procedente del purín esta asociada a las condiciones edafoclimáticas, momento y dosis de la aplicación (Zebarth y col. 1996), por ello se precisa conocer el comportamiento del purín en condiciones particulares de cada zona y así ajustar los planes de fertilización.

La fertilización con orgánicos en general, presenta varios inconvenientes para su utilización, como **su desconocimiento en la composición en el momento de la aplicación**, lo que dificulta su adecuada dosificación. En el caso del purín porcino en particular, la mayor parte del nitrógeno (N) mineral se encuentra en forma amoniacal que es rápidamente disponible para el cultivo el año de la aplicación, y aunque existe una variabilidad importante (Irañeta y col. 2002; Yagüe y col. 2012), **el uso de métodos rápidos "in situ", reducen considerablemente la incertidumbre del conocimiento en la concentración de N amoniacal del purín.** Siendo el N el elemento más limitante para el cultivo, es práctica habitual utilizar el criterio del nitrógeno para ajustar la fertilización con orgánicos.

La fracción orgánica del nitrógeno del purín tras su mineralización puede estar disponible para el cultivo, formando parte del efecto residual del purín. En condiciones de cereal de invierno en secano existen pocos ensayos de fertilización con purín en condiciones Mediterráneas (Plaza, 2002; Iguacél y col. 2011; Hernández y col. 2013) en ellos la aplicación de purín se realiza en presiembra. La aplicación de cobertera de purín en cereal de secano no ha sido referenciada, y únicamente Bosch-Serra y col. (2015) recientemente, han publicado un estudio evaluando la eficiencia de la aplicación del purín en cobertera con buenos resultados agronómicos respecto a la fertilización mineral.

La aplicación de purín en cobertera en cereal de invierno (febrero-marzo), permite una opción adecuada en la gestión del purín como fertilizante, permite el vaciado de purín de la fosa (*Foto 1*) en un momento cuando son pocos los cultivos alternativos para fertilizar, en áreas exclusivas de secano. En áreas donde existe secano y regadío, las oportunidades de salida de purín de la fosa generalmente son el momento de la presiembra de cereal de invierno, habitualmente en octubre, y en presiembra de maíz, normalmente en abril, con unos 6 meses entre ambas salidas de purín, por lo que la opción de la cobertera en cereal de invierno, es también una alternativa interesante. La capacidad mínima de almacenamiento de la fosa es de 4 meses (capacidad mínima, Directrices sectoriales Decreto 94/2009), por lo que una salida de purín entre febrero y marzo permite un mejor ajuste entre fertilización y acumulación de purín en la fosa.



Foto 1. Vista de una fosa de purín.

La fertilización mineral nitrogenada en cobertera en cereal de invierno permite mejorar también la eficiencia en la utilización del N por parte del cultivo (López-Bellido y López-Bellido, 2001; López-Bellido y col., 2006; López-Bellido y col., 2012). En condiciones de secano los requerimientos de N son bajos, dado que las extracciones son bajas y están supeditadas a las lluvias, ello implica realizar aplicaciones de dosis bajas de N. La dosificación con abonados minerales resulta sencilla y fácil a dosis ajustadas; en el caso del purín dependiendo de la concentración de N en el mismo, si esta es alta, dificulta la aplicación con métodos tradicionales (sin caudalímetro), como el abanico ya que las dosis bajas son difíciles de aplicar adecuadamente (Mallol-Nabot y Domingo-Olivé, 2012).

2. Objetivo

El objetivo que se plantea en el ensayo es sustituir la fertilización mineral por purín porcino, en estrategias en fondo y cobertera en cereal de invierno en secano, durante dos campañas consecutivas.

Para alcanzar el objetivo se han evaluado diferentes **opciones: dos tratamientos de fertilización únicamente con purín, fraccionado en distintas proporciones en fondo y cobertera, dos tratamientos sustituyendo las fracciones de fertilizante mineral por purín y un tratamiento únicamente con abono mineral.**

3. Materiales y métodos

3.1. Diseño experimental

El ensayo se ha desarrollado en una **parcela de un agricultor-ganadero situada en el término de Almodévar** (Huesca, España), parcela 150, polígono 35, partida Barreras, altitud 426 m. La zona esta clasificada según su pluviometría como **secano-semiárido**, presentando altas temperaturas en verano (*Figura 1*). Las precipitaciones de cada campaña agrícola (oct.-julio) fueron de 407 mm en 2007/08 y 371 mm en 2008/09.

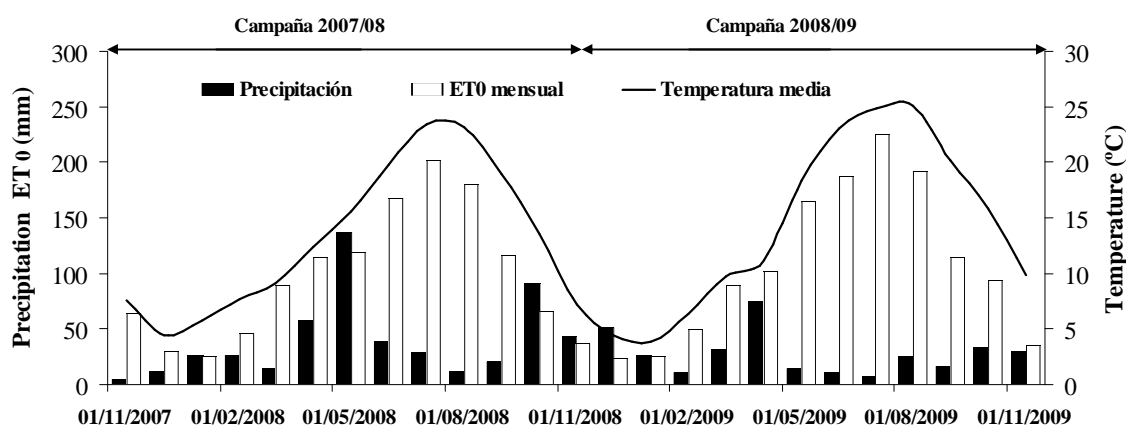


Figura 1. Condiciones climáticas durante el desarrollo del ensayo en la estación más próxima al ensayo, en la localidad de Gurrea de Gállego (Huesca)

La duración del ensayo fue de **dos campañas consecutivas desde octubre 2007 a octubre de 2009, en ambas con cultivo de cebada (*Hordeum vulgare L.*)**. La aplicación de la **fertilización fue en bandas con tres repeticiones**. En la parcela no había antecedentes de aplicación de orgánicos. El tamaño de la unidad experimental era 18x30m (*Figura 2*), el ensayo estaba situado en el centro de una finca con una superficie de 1,72 ha. La caracterización del suelo (*Foto 2*) se realizó al inicio del ensayo el 17 de octubre de 2007 (*Tabla 1*) presenta un contenido bajo en los macronutrientes N y P, y un nivel alto en K, el contenido de materia orgánica es medio y un contenido de carbonatos alto. El suelo es un Typic Xerofluent (Soil Survey Staff, 1999).

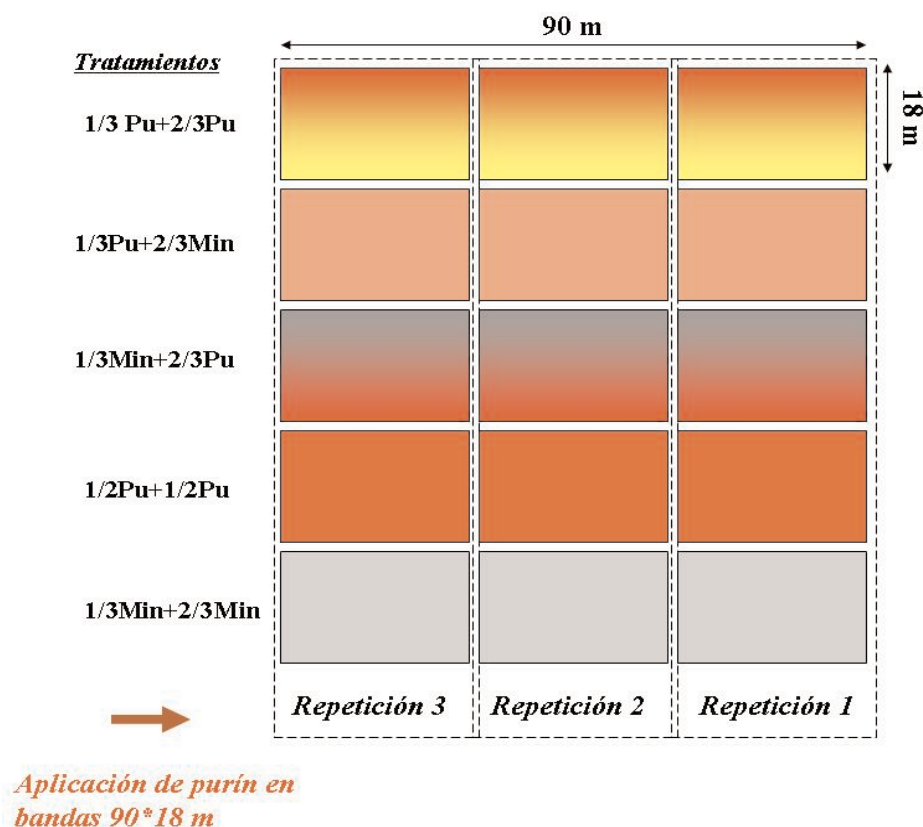


Figura 2. Diseño experimental del ensayo

(Pu: fertilización con purín porcino; Min: fertilización mineral)

Tabla 1. Caracterización inicial del suelo (17.10.2007) en 0-0,30 m y 0,30-0,60 m de profundidad

Parámetro	Profundidad	
	0-0,30 m	0,30-0,60 m
Humedad (%)	1,4	1,4
Materia orgánica (%)	1,74	1,48
pH(1:2,5) ⁽¹⁾	8,4	8,5
Nitrógeno (%)	0,11	0,10
Fósforo (mg/kg)	22	12
Potasio (mg/kg)	217	132
Carbonatos (%)	33	39
Textura USDA ⁽²⁾	franco-arcillo-limosa	franca

⁽¹⁾ Relación suelo: agua destilada.

⁽²⁾ USDA: United States Department of Agriculture.



Foto 2. Perfil del suelo.

3.2. Descripción de los tratamientos

La fertilización mineral de N se realizó en base a las extracciones del cultivo, en la zona las producciones medias son 4,5 - 5 t/ha. Según Domínguez-Vivancos (1994) las extracciones de N son 24 kg N por tonelada de grano. La fertilización en presiembra fue de 250 kg/ha con un abono triple (13,5-34,5-15) y en cobertera con 180 kg /ha de urea (46%), con este abonado se aportaron: 117 kg N; 86 kg P₂O₅ y 38 kg K₂O por hectárea acorde a las extracciones en base a la producción y al contenido PK en el suelo. Los fertilizantes minerales seleccionados fueron los que utilizaba el agricultor.



Foto 3. Aplicación de la cobertera en bandas en los diferentes tratamientos.

La fertilización con purín en fondo y cobertera (**Foto 3**) se realizó con el método de abanico con una cuba de 8 t y tractor de 135 CV; previamente a establecer la dosis en base a su contenido de N mineral, en forma amoniacal, se realizó la determinación del mismo mediante métodos rápidos con Quantofix® o conductimetría® (Yagüe y col. 2008; **Foto 4a y 4b**, respectivamente), ello permitió poder establecer la dosis de purín objetivo de kg de N mineral por hectárea, métodos reconocidos en el IV Programa de actuación del Gobierno de Aragón (Orden 18 Septiembre 2013; BOA. 10.10.2013).

En la hipótesis de partida se considera que **1 kg N de fertilizante mineral es equivalente a 1 kg N-NH₄⁺ aportado por el purín**. El contenido de N en forma amoniacal es la forma de N rápidamente disponible para el cultivo en el año de aplicación y además su contenido en el purín es medido de forma fiable por los métodos rápidos (**Tabla 2**), en el momento de la aplicación. La analítica completa del purín en laboratorio en cada campaña se muestra en la **Tabla 2**. El control de la dosis aplicada se realizó previa calibración de la cuba y mediante control de peso y velocidad.

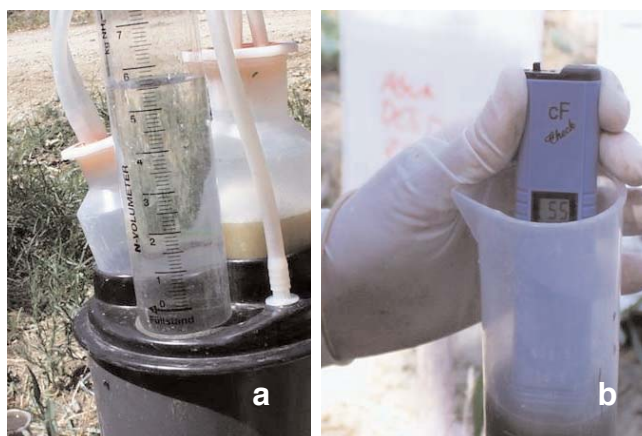


Foto 4. Detalle del Quantofix (a) y detalle de la conductimetría (b)

Tabla 2. Analíticas físico-químicas del purín aplicado en cada campaña

Parámetro	Campaña 2007/08		Campaña 2008/09	
	Fondo	Cobertera	Fondo	Cobertera
Densidad (g/L)	1017	1015	1009	1019
Conductividad eléctrica (1:5 ⁽¹⁾ ; dS/m)	6,05	5,60	5,14	2,75
pH (1:5) ⁽¹⁾	8,60	8,90	9,28	8,95
Materia seca (% s.m.f) ⁽²⁾	6,9	6,9	2,73	11,04
Materia orgánica (kg/m ³)	46,4	49,2	17,6	83,6
Nitrógeno amoniacal (kg/m ³)	3,6	3,5	2,2	2,4
Nitrógeno orgánico (kg/m ³)	2,0	1,8	0,8	2,5
Nitrógeno total (kg/m ³)	5,6	5,3	3,0	4,9
Namoniacal/Ntotal	0,64	0,63	0,73	0,50
Fósforo (kg/m ³)	1,2	1,4	0,7	2,4
Potasio (kg/m ³)	4,9	2,9	2,0	1,7
Métodos rápidos (kg N-NH ₄ ⁺ /m ³)				
Quantofix®	3,55	3,75	2,00	2,50
Conductividad eléctrica (1:9) ⁽¹⁾	3,60	3,63	2,20	2,35

⁽¹⁾ Relación purín: agua destilada.

⁽²⁾ s.m.f. sobre materia fresca.

Tras la **aplicación de purín en presiembra** se ha procedido al **enterrado**, habitualmente en las 8 primeras horas desde su aplicación, antes de las 24h. tras la aplicación, tiempo máximo regulado por la normativa (Directrices sectoriales Decreto 94/ 2009).

El tratamiento mineral, esta ajustado a las extracciones de N del cultivo (117 kg N/ha) y se fraccionaba la aplicación de N, 1/3 del N se ha aplicado en fondo y 2/3 de N en cobertera. En las estrategias de fertilización con purín porcino, la dosis de N amoniacal corresponde a la dosis de N en forma mineral 117 kg N/ha, los tratamientos realizados se describen en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Descripción de las estrategias de fertilización en el ensayo experimental en base al contenido de nitrógeno mineral aplicado en fondo y cobertera con abono mineral o purín porcino, expresado en porcentaje respecto del N total (117 kg N/ha)

Tratamiento ⁽¹⁾	Aplicación en fondo	Aplicación cobertera
1/3Pu2/3Pu	33% de N con purín	66% de N con purín
1/2Pu1/2Pu	50% de N con purín	50% de N con purín
1/3Pu2/3Min	33% de N con purín	66% de N con mineral
1/3Min2/3Pu	33% de N con mineral	66% de N con purín
1/3Min2/3Min	33% de N con mineral	66% de N con mineral

⁽¹⁾ Pu: fertilización con purín porcino; Min: fertilización mineral

Las prácticas de laboreo han sido chisel y rastra, antes de la siembra, tras la cosecha se empacaba la paja. Los tratamientos herbicidas, los habituales de la zona realizados por el agricultor colaborador.

3.3. Muestras y analítica

Para los análisis del purín se procedía a tomar una submuestra de cada cuba, realizando una muestra compuesta. Parte de esta muestra compuesta se enviaba al laboratorio para determinar las analíticas del pH por potenciometría (1:5; purín:agua destilada); conductividad eléctrica por conductimetría (1:5; purín:agua destilada); materia seca por gravimetría (105°C); materia orgánica por calcinación (450°C), N orgánico por Kjeldahl y N amoniacal por Kjeldahl modificado, fósforo y potasio por digestión. Otra parte de la muestra compuesta de purín se utilizaba para el análisis de N amoniacal mediante método rápidos en campo (**Tabla 2**). Los dos métodos rápidos utilizados mostraron valores similares al resultado de N amoniacal en laboratorio, la diferencia máxima fue de 0,3 kg N-NH₄⁺/m³ (**Tabla 2**).

La cosecha de cereal (**Foto 5**) de cada estrategia de fertilización se realizo con la cosechadora del agricultor, y también se realizo la cosecha de forma manual mismo día, el 8 de julio de 2008 y 22 de junio 2009. Para la cosecha manual se tomaron 2 aros por cada unidad experimental de forma manual y aleatoria, una superficie de 0,5 m². En la muestra de grano recogida se determino el rendimiento, biomasa total aérea, índice de cosecha, contenido de nitrógeno total y humedad del grano.

La determinación del nitrógeno en grano y parte aérea se realizo por el método de combustión con el analizador F-528 Leco. El contenido de humedad del grano mediante un medidor portátil de campo, Grain moisture/PM 600 Keller.

Para determinar el contenido de N en forma mineral (nítrica y amoniacal) se realizaron dos muestreos de suelo al inicio (17 de octubre 2007) y al final (9 de octubre 2009) del ensayo.



Foto 5. Detalle del momento de la cosecha mecanizada y manual del ensayo.

3.4. Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza para detectar los efectos de los tratamientos en los distintos parámetros estudiados de rendimiento y el contenido de N mineral en el suelo. En caso de encontrar diferencias significativas en los tratamientos se compararon con la prueba de rango múltiple de Duncan utilizándose un nivel de significación de 0,05. El análisis estadístico se realizó mediante el paquete estadístico SAS 8.1 (SAS 1999-2001). Criterio de significación: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; $p > 0,05$ no significativo (NS).

4. Resultados y discusión

4.1. Parámetros agronómicos

En la primera **campaña 2007/08**, la falta de pluviometría en noviembre-diciembre de 2007 (*Figura 1*), supuso que el cereal sufriese **estrés hídrico lo que produjo una mala nascencia, ello hizo que el rendimiento de la campaña en la zona fuese bajo**. En la *Tabla 4* se expresan los resultados obtenidos en los cinco tratamientos el rendimiento en grano (12% de humedad en grano), biomasa total aérea (BTA), y el índice de cosecha (IC). En esta campaña 2007/08 el contenido de N total en planta tampoco resultó significativo entre tratamientos, tampoco en el contenido de N en grano (*Tabla 5*). Se puede concluir que la fertilización con purín no afectó negativamente en los parámetros de producción estudiados.

Tabla 4. Rendimiento (Rend. 12% humedad), biomasa aérea (BTA) e índice de cosecha (IC)

Fondo ⁽¹⁾	Cobertera ⁽¹⁾	Campaña 2007/08			Campaña 2008/09		
		Rend. 12%	BTA	IC	Rend. 12%	BTA	IC
		----- kg/ha -----			----- kg/ha -----		
1/3 Pu	2/3 Pu	2.073	5.699	0,35 B	5.901	11.998	0,51 A
1/2 Pu	1/2 Pu	2.782	6.264	0,45 AB	6.061	12.406	0,50 A
1/3 Pu	2/3 Min	1.980	5.991	0,34 B	5.315	11.099	0,50 A
1/3 Min	2/3 Pu	3.013	6.439	0,48 A	5.234	10.647	0,47 AB
1/3 Min	2/3 Min	2.755	6.272	0,45 AB	5.515	12.854	0,45 B
Significación ⁽²⁾		NS	NS	*	NS	NS	*

⁽¹⁾ Pu: fertilización con purín porcino; Min: fertilización mineral.

⁽²⁾ NS: no significativo $p > 0,05$; * $p < 0,05$.

Tabla 5. Nitrógeno en grano (Ngrano), nitrógeno en hojas y tallo (Nht) y nitrógeno total en planta (Nplanta)

Fondo ⁽¹⁾	Cobertera ⁽¹⁾	Campaña 2007/08			Campaña 2008/09		
		Ngrano	Nhojas+tallo	Nplanta	Ngrano	Nhojas+tallo	Nplanta
		----- kg N/ha -----					
1/3 Pu	2/3 Pu	44	24 B	68	117	41	158
1/2 Pu	1/2 Pu	65	24 B	89	109	33	143
1/3 Pu	2/3 Min	49	34 A	83	112	43	154
1/3 Min	2/3 Pu	66	24 B	91	86	40	126
1/3 Min	2/3 Min	69	32 A	101	98	47	145
Significación		NS ⁽²⁾	**	NS	NS	NS	NS

⁽¹⁾ Pu: fertilización con purín porcino; Min: fertilización mineral.

⁽²⁾ NS: no significativo $p > 0,05$; ** $p < 0,01$.

En la **campaña 2008/09**, las condiciones climáticas fueron muy propicias para el cultivo de cereal, el **rendimiento en grano fue notablemente superior al año anterior y también superior en general al rendimiento medio en la zona**. Los resultados en rendimiento en grano (12% humedad en grano) **no mostraron diferencias significativas entre tratamientos** los valores oscilaron entre 5.234 y 6.061 kg/ha, tampoco hubo diferencias en biomasa total aérea.

En la segunda campaña, la extracción del N en planta fue superior (118 a 155 kg N/ha) a los aportes de N (≈ 117 kg N/ha) realizados en forma mineral en el año, la diferencia esta asociada a la disponibilidad de N mineral residual procedente del año anterior (las extracciones N por el cultivo fueron inferiores a los aportes de N, y éste se acumuló en el suelo), estando disponible para el cultivo este segundo año en todos los tratamientos; y además en los tratamientos con purín parte del N orgánico aportado tras la mineralización, estuvo disponible para el cultivo en esta campaña.

Según **los resultados agronómicos** obtenidos en las dos campañas, cualquiera de las estrategias con purín y en combinación con fertilización mineral, no fueron diferentes en ninguno de los parámetros evaluados a la fertilización mineral de referencia, por lo que **es posible la sustitución total o parcial de fertilizante mineral por purín**.

Excepto en la estrategia 1/3Pu2/3Min, en la que se aplica únicamente 1/3 de la dosis de N en forma de purín, en las otras estrategias prácticamente se aportan las necesidades PK del cultivo con el purín. Además esta estrategia resulta difícil, para aplicación en campo de dosis tan pequeñas de forma uniforme, por lo que de acuerdo con esta dificultad, no sería recomendable.

En nuestro ensayo la aplicación de purín estuvo entre dosis de 10 t/ha (1/3 de N con purín 3,7 kg N-NH₄⁺/m³) y 37 t/ha (2/3 de N con purín; 2,1 kg N-NH₄⁺/m³). Como disponíamos de una cuba pequeña (8 t) y un tractor de considerable potencia, es posible aplicar dosis bajas con velocidad requerida y con calibración previa, se realizaron las dosis objetivo de forma uniforme. Pero en la práctica, con las características de los equipos de aplicación por abanico (sin caudalímetro), es difícil aplicar uniformemente dosis tan bajas; según Mallol-Nabot y Domingo-Olivé (2012), en un estudio con diferentes métodos de aplicación con abanico la dosis mínimas aceptables en reparto con abanico se sitúan 14-18 t/ha, dependiendo del tándem tractor-cuba. Este es un inconveniente a considerar cuando se trata de utilizar purín porcino de cebo (altas concentraciones de N) en zonas donde es baja la extracción de N por el cultivo. **Las estrategias más recomendables atendiendo a un reparto uniforme con el método de abanico serían, 1/2Pu1/2Pu (50% de N en fondo más 50% de N en cobertera, con purín) o 1/3Min2/3Pu (1/3 de N con mineral en fondo más 2/3 de N en cobertera con purín)**, en esta última estrategia la sustitución de fertilización por purín es parcial.

La fertilización debe ser siempre acorde con las extracciones del cultivo, excesos, producen acumulaciones de nutrientes en el suelo, con riesgo de lavado en el caso de nitratos en años con alta pluviometría donde se produce drenaje por percolación profunda. Con ello, se producen las consiguientes pérdidas económicas de nutrientes y contaminación de las aguas por nitrato.

4.2. Contenido de N mineral en el suelo

Para evaluar el N mineral en el suelo, se realizaron dos muestreos uno al inicio del ensayo (2007) y otro al final del ensayo (2009), determinando el contenido de N en forma amoniacal y nítrica en las profundidades 0-0,30 y 0,30-0,60 m, debido a que el 93% de densidad radicular se encuentra en los primeros 60 cm de suelo (Zuo y col. 2004) hasta esta profundidad pueden absorber agua y nutrientes. El contenido de N en forma nítrica fue entre 95-97% del N mineral en el suelo en ambos muestreos de suelo.

En el muestreo de suelo al final del ensayo (oct. 2009), se observa que el tratamiento mineral es el que presenta un contenido más bajo de N mineral, 84 kg N/ha, y en los tratamientos en los que se combinó purín con mineral presentaron valores entre 120-126 kg N/ha y en los que únicamente se fertilizo con purín los valores fueron de entre 145-158 kg N/ha (**Tabla 6**). Esto estaría asociado a la mineralización de parte del N contenido en la fracción orgánica del purín (**Tabla 2**); en el purín utilizado el valor medio de la relación Norg:Ntotal fue $0,37 \pm 0,10$ (\pm SD)^(a) por lo en las estrategias en las que únicamente se fertiliza con purín el N total aplicado fue un 37% superior. Esto explicaría que en los tratamientos 1/3Pu2/3Pu y 1/2Pu1/2Pu tuviesen un incremento de N mineral en el suelo medio de 67 kg N/ha, ello supone un 44% superior respecto al tratamiento mineral de referencia.

(a) Desviación estándar (SD: standard deviation).

Las particulares condiciones del suelo (profundo y textura fina; franco-arcillo-limosa), proporcionan una alta capacidad de retención de agua en el suelo, en base a su textura se estima en 108 mm (Villalobos y col., 2002) en 0,60 m de profundidad y la pluviometría en las campañas, hace descartar una percolación relevante por debajo de la capa 0,60 m, como se constata con los valores de N mineral en el análisis de suelo final 2009 (*Tabla 6*).

Tabla 6. Contenido de nitrógeno mineral en el suelo (kg N/ha) en la profundidad 0-0,60 m al inicio y final del ensayo

Fondo ⁽¹⁾	Cobertera ⁽¹⁾	2007 Inicio	2009 Final
1/3 Pu	2/3 Pu	108	158
1/2 Pu	1/2 Pu	108	145
1/3 Pu	2/3 Min	108	120
1/3 Min	2/3 Pu	108	126
1/3 Min	2/3 Min	108	84
Significación ⁽²⁾			NS

⁽¹⁾ Pu: fertilización con purín porcino; Min: fertilización mineral.

⁽²⁾ NS: no significativo $p > 0,05$.



Foto 6. Muestreo de suelo.

Los resultados de suelo (*Foto 6*) muestran que la aplicación continuada de purín con criterio de fertilización en base al contenido de N amoniacal, supone un incremento de N en suelo, siendo éste mayor cuanto mayor sea la relación Norgánico:Ntotal en el purín; en nuestro ensayo el valor medio fue de 0,37. La disponibilidad del N orgánico tras la mineralización a N mineral estará disponible en la campaña posterior para el cultivo (Yagüe y Quílez, 2010; Hernández y col. 2013), siempre que no haya pérdidas por lavado, como ocurre en las condiciones en las que se ha desarrollado nuestro ensayo. **En el momento de la aplicación no es posible determinar el N orgánico del purín "in situ", un análisis del N mineral en el suelo (Nmin) podría ser una herramienta a considerar para ajustar la dosis de N en cobertera en el plan de fertilización.**

En la siguiente campaña la acumulación de N mineral en el suelo tras los dos años anteriores de fertilización con purín, en el muestreo final de suelo (*Tabla 6*), indicaría que se puede reducir la dosis de N mineral entre 20 y 40 kg N /ha que representa entre 15 y 35% respecto al año anterior, este valor está en relación al contenido medio de N orgánico del purín, 37% de N total aplicado, que quedaría disponible en forma de nitrato para el cultivo.

Hay que considerar que debido a la **composición del purín cuando se fertiliza con criterio de N se aporta cantidad de fósforo y potasio para cubrir las extracciones del cultivo en cereal de invierno, por lo que no sería necesario fertilizar con estos nutrientes.**

Cuando en el **purín, la concentración de nitrógeno es considerablemente alta** (porcino de cebo), **para una producción media entorno a 4 t/ha de cereal en secano, cubrir las necesidades de nitrógeno del cultivo con purín en dosis fraccionada en fondo y cobertera puede resultar poco viable.** Las aplicaciones a dosis bajas en torno a 10-12 t/ha con los equipos habituales con abanico (sin caudalímetro), en los que la dosis de reparto depende exclusivamente de la velocidad del equipo, esta puede no alcanzarse, por potencia insuficiente del tractor, pendiente del terreno u otros condicionantes del suelo.

En las condiciones del área de ensayo con producciones de cereal medias-bajas, concentración del N en el purín considerablemente alta, y condiciones de clima y suelo con escaso riesgo de lavado, **puede ser interesante una estrategia única de aplicación de purín.** Ésta podría ser bien en fondo o en cobertera temprana, esta posibilidad evitaría el riesgo de no poder entrar a la parcela por las posibles lluvias de primavera que en ocasiones dificultan la aplicación de la cobertera en el momento adecuado, (en las condiciones del área de estudio final de febrero o principio de marzo).

5. Aspectos económicos posteriores al ensayo

Tras la realización del ensayo descrito el colaborador agricultor y ganadero de porcino de cebo, ha continuado utilizando el purín porcino como fertilizante en campañas posteriores y lo ha incorporado en el plan de fertilización de su explotación agrícola. El colaborador ha optado por la **estrategia de aplicación de purín en fondo**, debido a que dispone de capacidad de almacenamiento y superficie agraria suficiente para gestionar el purín producido en la granja con la demanda fertilizante de los cultivos de su explotación.

En las cinco campañas posteriores (2010-2014) en la parcela que se realizó el ensayo se ha cultivado cebada, y ha sustituido la fertilización mineral (*Foto 7*) que se hubiese realizado de 200 kg de fosfato diamónico (DAP, 18-46-0)^(b) en fondo, por la aplicación de 20-22 t/ha de purín de cebo, (enterrado en menos de 24 horas) con un contenido de nitrógeno amoniacal que ha oscilado entre 3,5-4,5 kg de N amoniacal/m³, utilizando como método rápido de análisis la conductimetría. Complementando con una aplicación en cobertera entre 60 y 78 kg N/ha en forma de urea, dependiendo de las expectativas de rendimiento.

En la parcela se han realizado las prácticas de cultivo de mínimo laboreo, ha retirado la paja en tres de los cinco años y ha cesado la alternancia de barbecho, cultivando cebada en la parcela todos los años. El rendimiento medio obtenido es de 4,1 t/ha (*Tabla 7*), manifestando el colaborador, que los resultados obtenidos son incluso superiores a los obtenidos con anterioridad en la parcela con abonado mineral.

Tabla 7. Rendimiento en grano de cereal de invierno y coste del fosfato diamónico

Campañas tras el ensayo	Rendimiento ⁽¹⁾ en grano (kg/ha)	Precio de DAP ⁽²⁾ (€ / 100 kg producto)
2009/10	4.925	36,9
2010/11	4.080	47,6
2011/12	2.102	55,9
2012/13	6.034	52,1
2013/14	3.412	38,7
2014/15	-	46,9
Media	4.112	46,4

⁽¹⁾ Humedad en campo, sin estandarizar.

⁽²⁾ Precios sin IVA, Fuente: Cooperativa de Almodévar.



Foto 7. Pesaje en báscula de fertilizante mineral.

El **coste medio anual del abonado de fondo mineral** (200 kg/ha DAP), en las cinco campañas hubiera sido de **93 €/ha** (sin IVA) (*Tabla 7*). No se ha valorado el coste de aplicación ni de incorporación para el mineral ni el enterrado del purín. Tampoco se ha considerado el IVA en ninguna situación, ni en el abonado mineral ni en orgánico, por las distintas situaciones que pueden ocurrir en cada caso particular.

La aplicación de purín en fondo ha sido realizada por el colaborador, con un equipo de tractor de 165 CV y cuba de 16 t de su propiedad (adquirido con posterioridad a la realización del ensayo), le hemos asignado un coste horario de 47 €/h (sin IVA), precio que percibe un equipo de similares características, realizado por empresas de servicio especializadas en distribución de purín. **El tiempo invertido por viaje a la parcela ha sido de 55 min.**, aunque la distancia es de solo 5,1 km, debido a la escasa viabilidad del camino. **Para aplicar 22 t/ha de purín, ha empleado 1 h y 23 min., con un coste de aplicación de 65 €/ha.**

Considerando exclusivamente la diferencia en el abonado de fondo, entre la opción mineral y la orgánica, supone un ahorro de 28 €/ha y no se ha cuantificado el ahorro por la sustitución total o parcial en el aporte de N en cobertera.

(b) Recomendación técnica de fertilización de la Cooperativa de Almodévar para el área de estudio, en sustitución del triple que se empleaba en campañas anteriores, como en el ensayo.

6. Conclusiones

- Los **resultados de rendimiento** indican que es posible la **sustitución total y/o parcial de fertilización mineral por purín porcino en cereal de invierno**.
- El **fraccionamiento de la fertilización de purín en fondo y cobertera al 50%**, es la alternativa **técnicamente viable** (adecuado reparto y dosis con método de abanico) cuando se utiliza **purín de engorde** en las condiciones del ensayo (rendimiento medio entre 4-4,5 t/ha).
- La **aplicación de cobertera de purín** ha resultado una **alternativa eficiente** en sustitución a la **fertilización mineral convencional**.
- En **contenido de N mineral se incrementó moderadamente en el suelo** tras dos campañas consecutivas **con purín porcino** estableciendo la dosis en base a su contenido en N amoniacal. Por ello, cuando se realice una aplicación consecutiva con purín debe considerarse en el plan de fertilización una reducción de la dosis (en nuestro ensayo 15-35%), asociado al N orgánico mineralizado a disposición del cultivo, en estas condiciones edafoclimáticas.

Referencias

- Bosch-Serra, A.D, Ortiz, C., Yagüe, M.R., Boixadera, J. 2015. Strategies to optimize nitrogen efficiency when fertilizing with pig slurry in dryland agricultural systems. *Europ. J. Agron.* 67: 27-36.
- Directrices sectoriales sobre actividades e instalaciones ganaderas Decreto 94/2009, del 26 de mayo del Gobierno de Aragón (B.O.A nº 106, de 05.06.09). Modificado B.O.A nº 55 20/03/2015.
- Domínguez-Vivancos, A. 1994. Tratado de fertilización. Mundi-prensa. Madrid. 585pág.
- Hernández, D., Polo, A., Plaza, C. 2013. Long-term effects of pig slurry on barley yield and N use efficiency under semi-arid mediterranean conditions. *Europ. J. Agron.* 44: 78-86.
- Iguacél, F. Yagüe M.R., Quílez, D., Orús, F. 2010. Fertilización con purín en doble cultivo anual, en mínimo laboreo, y riego por aspersión. *Informaciones técnicas.* Núm. 223. Dirección general de desarrollo rural. Centro de Transferencia Agroalimentaria de Aragón. Gobierno de Aragón. 12 pág.
- Iguacél, F., Yagüe M.R., Betrán, J., Orús, F. 2011. Ensayos de fertilización con purín porcino en cereales de invierno de secano (2003-2008). *Informaciones técnicas.* Núm. 226. Dirección general de desarrollo rural. Centro de Transferencia Agroalimentaria de Aragón. Gobierno de Aragón. 16 pág.
- Irañeta, I., Abaigar, A., Santos, A. 2002a. Purín de porcino ¿fertilizante o contaminante?. *Navarra Agraria* 132: 9-24.
- López-Bellido, R.J., López-Bellido, L. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. *Field Crop Res.* 71: 31-46.
- López-Bellido, L., López-Bellido, R.J., López-Bellido, F. 2006. Fertilizer nitrogen efficiency in durum wheat under rainfed Mediterranean conditions: effect of splits application. *Agron. J.* 98: 55-62.
- López-Bellido, L., Muñoz-Romero, V., Benítez-Vega, J., Fernández-García P., Redondo, R., López-Bellido, R.J. 2012. Wheat response to nitrogen spitting applied to a Vertisols in different tillage systems and cropping rotations under typical Mediterranean climatic conditions. *Europ. J. Agron.* 43: 24-32.
- Mallol-Nabot, C., Domínguez-Olivé, F. 2012. Viabilidad de distintos equipos de aplicación de purines para una fertilización óptima. *Vida rural*, 349: 56-66.
- MAGRAMA, 2014. Anuario de estadística 2013. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2013/AE_2013_Completo.pdf (consultado 23/04/2015).
- Orden de 18 de septiembre de 2013, del Consejero de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, por la que se aprueba el IV Programa de Actuación sobre las Zonas Vulnerables a la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias designadas en la Comunidad Autónoma de Aragón. (B.O.A. nº 201. 10/10/13: 26386- 26414).
- Plaza, C. 2002. Aprovechamiento agrícola del purín de cerdo en agrosistemas semiáridos: efecto sobre el suelo y plantas. Tesis Doctoral. Universidad de Ciencias Ambientales. Madrid.
- SAS Institute. 2011. 1999-2001. SAS/TAT. Software V.8.2. SAS Inst Cary N.C.
- Soil Survey Staff, 1999. Soil taxonomy: a basic system classification for making and interpreting soil surveys. 2nd ed. USDA_SCS Agr. Handb. 436. U.S. Gov. Print. Office. Washington, DC.
- Villalobos F.J., Mateos, I., Orgaz, F., Fereres, E., 2002. *Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agrícola.* Mundiprensa. 493 pag.
- Yagüe, M.R., Quílez, D., Iguacél, F., Orús, F. 2008. Métodos rápidos de análisis como herramienta de gestión con purín porcino. *Informaciones técnicas.* Núm. 195. Dirección general de desarrollo rural. Centro de Transferencia Agroalimentaria de Aragón. Gobierno de Aragón. 16 pág.

- Yagüe, M.R., Quílez, D. 2010. Direct and residual response of wheat to swine slurry application method. *Nutr. Cycl. Agroecosystem*. 86:161-174.
- Yagüe, M.R., Bosch-Serra, A.D., Boixadera, J. 2012. Measurement and estimation of the fertiliser value of pig slurry by physicochemical models: usefulness and constrains. *Biosyst. Eng.* 111:206-216.
- Yagüe, MR., Iguacél, F., Orús, F. 2013. Fertilización con purín: resultados agronómicos en doble cultivo anual de cebada-maíz y efecto residual en cebada. Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario. Núm. 244. Servicios de Recursos Ganaderos. 16 pág.
- Zebarth, B.J., Paul, J.W., Schmidt, O., McDougall, R. 1996. Influence of the time and rate of liquid-manure application on yield and nitrogen utilization of silage corn in south coastal British Columbia. *Canadian Journal of Soil Science* 76: 153-164.
- Zuo, Q., Jie, J., Zhang, R., Meng, L. 2004. A generalized function of wheat's root length density distributions. *Vadose Zone J.* 3: 271-277.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón a través de las actividades previstas en el marco del Programa de Desarrollo Rural para Aragón 2007-2013, Proyecto demostración "Establecimiento de un Plan de fertilización con purín porcino, sureste de la hoya de Huesca (Almudévar), y norte del área de Zaragoza (San Mateo)" (DER-2008-02-50-729009-553).

Los autores desean agradecer a los agricultores Jesús y Joaquín Labarta el interés y participación en el desarrollo del ensayo. También a la cooperativa de Almudévar por la ayuda en la realización de la jornada demostración en sus instalaciones "Jornada sobre fertilización con purín" y soporte en datos facilitados por sus técnicos. Al Departamento de Suelos y Riegos del Centro de Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) por su colaboración en la realización del ensayo.

Autores:

María Rosa Yagüe Carrasco *mryague@coial.org* Ingeniero agrónomo (COIAL-1775).
Unidad de suelos y riegos (Unidad asociada al EEAD-CSIC). CITA de Aragón.

Francisco Iguacél Soterás *figuacel@aragon.es* Servicio de Recursos Agrícolas. Gobierno de Aragón.

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 a la UNIDAD DE TECNOLOGÍA VEGETAL:
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 ■ **Imprime:** ■ **Depósito Legal:** Z-3094/96. ■ **I.S.S.N.:** 1137/1730.

