

INFORMACIONES TECNICAS

Dirección General de Desarrollo Rural
Centro de Transferencia Agroalimentaria

Núm. 223 ■ Año 2010



Fertilización con purín en doble cultivo anual, en mínimo laboreo, y riego por aspersión



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural. FEADER



**GOBIERNO
DE ARAGON**

Departamento de Agricultura
y Alimentación

1. Introducción

Los costes de la producción agrícola en general y la de cereales en particular, han sufrido un incremento importante en los últimos años, pero este incremento de costes, salvo situaciones coyunturales puntuales, no se ha visto compensado en el precio final de los cereales percibido por el productor.

Los dos factores más importantes en la producción de cereales, ambos dependientes del coste de la energía, **son el laboreo y la fertilización**⁽¹⁾. Los costes del primero pueden soslayarse en parte, minimizando el laboreo con técnicas de agricultura de conservación, y los de fertilización con la aplicación de abonos orgánicos.

El mínimo laboreo y no laboreo (son técnicas de la denominada agricultura de conservación) están incrementando actualmente, su superficie a nivel mundial. Según ECAF (European Conservation Agricultural Federation), a nivel mundial, desde 1998 al 2008 se ha duplicado la superficie, hasta alcanzar 106 millones de hectáreas, principalmente por la reducción de costes. En España, según la misma fuente, en 2005/06, la superficie en mínimo laboreo era de 1,5 millones de hectáreas y 0,7 millones de hectáreas en no laboreo⁽²⁾.

El empleo de estiércoles como fertilizantes y enmienda orgánica de los suelos cultivados, ha sido una práctica tradicional. En los últimos años se ha incrementado la demanda de su utilización, consecuencia del ascenso de los precios de los fertilizantes minerales. La evolución ganadera ha permitido que se desarrollen especies de producción intensiva como el porcino, que manejan las deyecciones como estiércoles en forma de purín.

En los últimos años la **cabaña porcina** en España se ha estabilizado entorno a 26 millones de cabezas⁽³⁾, y representa el 20% de la producción de la Unión Europea, siendo el segundo país productor. Con 5.039.198 plazas de cebo porcino y 502.901 plazas de reproductoras en 2008⁽⁴⁾, **Aragón es la segunda Comunidad española en capacidad productiva**, y el subsector ganadero porcino representa más del 35 % del Producto Final Agrario en esta Comunidad⁽⁵⁾.

La producción porcina intensiva, con las técnicas de cría actuales, genera estiércol en forma de purín, que contiene los elementos no absorbidos en la digestión de los cerdos y los excretados con la orina de éstos. Estas deyecciones porcinas se pueden reutilizar como nutrientes para los cultivos, empleando el **purín como fertilizante**.

Como otros estiércoles, el purín porcino contiene elementos fertilizantes principales, secundarios y microelementos, pero presenta una característica importante que le diferencia de otros fertilizantes orgánicos, y es que contiene entre el 70 y 75 % del nitrógeno total en forma amoniacal^{(6) (7)}, y su disponibilidad para el cultivo es rápida y semejante a un fertilizante amónico. El nitrógeno es en los cereales, como en otros cultivos, el elemento que más incidencia tiene en la producción, por lo que su disponibilidad para el cultivo es determinante.

En el balance de nitrógeno realizado por Orús y Sin, 2006⁽⁸⁾ para los cultivos de Aragón, el peso de los purines porcinos (37.645 t de N total) supondrían un elevado porcentaje de las necesidades de todos los cultivos de Aragón (110.542 t de N), y todavía más, si consideramos únicamente las necesidades de los cultivos, sin incluir las leguminosas (77.828 t de N). Con las últimas referencias (2008-2009), los purines porcinos contienen 46.040 t de N, y suponen más del 51% del N contenido en todos los estiércoles de Aragón, Orús et al. 2010⁽¹⁴⁾.

Pero la gestión del purín, puede resultar problemática, en unos casos, por la distribución de las granjas y de los cultivos en el territorio, y en otros, por la escasa superficie agrícola disponible para su aplicación. Además la capacidad de las fosas, equivalentes a la producción de 4 meses, según la normativa⁽⁹⁾, precisa de cultivos que demanden fertilizantes escalonadamente, en tres periodos durante el año agrícola, para una gestión adecuada del purín producido.

La importancia del volumen de nitrógeno contenido en el purín, puede comprobarse simplemente con la cantidad generada por una **granja de cebo porcino de 1.000 plazas** (entrando lechones de 20 kg y llegando a cerdo cebado de 100-110 kg)⁽¹⁰⁾, ya que produce: **7.250 kg de Nitrógeno total, del cual un 75 % del mismo estaría en forma amoniacal (5.438 kg N amoniacal)**, que sería equivalente al contenido en 11.821 kg de urea del 46%.

Las prospecciones de agua del subsuelo y las áreas de regadío han incrementado la disponibilidad de agua para las granjas, que unido a nuevas alternativas energéticas, han favorecido una mayor dispersión en el territorio de las granjas porcinas, distanciándolas del entorno de las áreas habitadas. Además de las ventajas sanitarias, mejoran la distribución de las mismas sobre el territorio agrícola, hacen posible una aproximación de las granjas a las zonas de cultivos, reduciendo con ello la distancia y los costes de aplicación de purín ⁽¹⁾.

En zonas de regadío, con condiciones climáticas adecuadas, es posible la instauración de dos cultivos por año, cuya demanda en fertilización será acorde con las necesidades de los cultivos a lo largo del año, como es el caso de la zona de estudio.

En las condiciones en las que se ha desarrollado el ensayo, que se presenta a continuación, de mínimo laboreo en cebada y siembra directa en maíz, se necesita adaptar la fertilización con purín porcino, por ello se ha experimentado con la técnica de **aplicar un riego ligero inmediatamente después de la aplicación de purín para favorecer su infiltración en el suelo**, en el cultivo de la cebada, en fondo y en cobertera, y en maíz tras su siembra (*foto 1*).

El ensayo, se ha realizado en Bujaraloz, zona con alta demanda de fertilizantes por implantación de cereales, con altas producciones en las 1.329 ha de regadío, actualmente en expansión, y menor demanda en las 9.063 ha de secano. En este término se ha desarrollado paralelamente la ganadería de porcino, alcanzando 42.000 plazas de cebo en 2010 ⁽¹²⁾. Para ampliar las posibilidades de gestión del purín aportando éste para cubrir las necesidades que demandan los cultivos, se diseñó este ensayo, con **doble cultivo anual y un empleo óptimo del purín en el conjunto de la fertilización**.

En esta actividad experimental y formativa se ha colaborado con las Cooperativas: Ganadera, y Agrícola de Bujaraloz, realizando la transferencia de los resultados mediante una Jornada Técnica realizada el 21 de octubre de 2009, con la colaboración de la Unidad de suelos y riegos del CITA, y el Centro de Transferencia Agroalimentaria (CTA).

2. Objetivos

1. Evaluar agrónomicamente la eficiencia del purín como sustitución a la fertilización mineral, en doble cultivo anual de cebada y maíz.

Sobre la **cebada, cultivada en mínimo laboreo, cuando se aplica en fondo y cobertera.**

En **maíz, en siembra directa, aplicado posteriormente a su siembra** sobre el rastrojo del cultivo cebada, intentando maximizar la cantidad de purín que puede aplicarse.

En ambos cultivos, que un ligero riego por aspersión inmediatamente posterior a cada aplicación, puede ser una técnica adecuada para infiltrar el purín.

2. Comparar los costes económicos de la fertilización únicamente mineral con los de una aplicación eficiente de purín porcino, –de cebo, en nuestro caso específico–, de una granja ubicada a 9 km de la parcela de ensayo.

3. Metodología del ensayo agronómico

3.1 Diseño experimental

El campo de ensayo está situado en Valfarta, limítrofe con Bujaraloz, polígono 2, parcela 30, en la que no se había aplicado purín con anterioridad, y se habían cultivado cereales en años precedentes. La parcela está equipada con **riego por aspersión**, dispone de llaves en las líneas de aspersores que permiten la apertura y cierre, en los diferentes tratamientos, en las aplicaciones de fertilizante mineral con el riego. Como se ha indicado anteriormente, la parcela se encuentra a 9 km de la granja de Bujaraloz de donde procedía el purín.



Foto 1: Vista de aplicación de purín sobre la siembra directa del maíz en el rastrojo de cebada.

El ensayo se ha realizado en tres campañas consecutivas con **doble cosecha anual cebada-maíz** en el periodo comprendido entre diciembre de 2006 y diciembre 2009.

El diseño experimental ha sido en bandas con **tres repeticiones y cinco tratamientos por bloque**: un control sin aplicación de Nitrógeno (N), un tratamiento mineral de referencia, y tres tratamientos con aplicación de purín con distintos fraccionamientos.

En los tratamientos fertilizados con purín, se **ha aplicado una cantidad de nitrógeno amoniacal igual a la cantidad de nitrógeno aplicada en el tratamiento mineral de referencia**, no se ha contabilizado el nitrógeno orgánico aplicado con el purín. En la actualidad, en el momento de la aplicación de purín, los métodos rápidos disponibles sólo permiten conocer el nitrógeno amoniacal.

Las tres aplicaciones de purín del ensayo, espaciadas en el año agrícola, son coincidentes con los tres periodos de mayor demanda de abono:

- Otoño-invierno en aplicaciones de fondo en cereales de invierno.
- Salida de invierno-inicio de primavera aplicaciones en cobertera en cereales de invierno.
- Final de primavera-inicio de verano en aplicaciones de fondo para maíz y otros cultivos de verano.

En las zonas con cultivos en regadío, o en aquellas que disponen de secano y regadío, combinando estas tres posibles salidas del purín como abono, las granjas de porcino podrían ajustarse mejor a la capacidad mínima de las fosas regulada por normativa⁽⁹⁾, de cuatro meses de producción.

3.2. Tratamientos

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 de nitrógeno (N)/ha y en la tercera 120 kg N/ha, (un tercio en fondo y dos tercios en cobertera).

En la fertilización del maíz: en la primera cosecha se aplicaron 200 kg N/ha, y en las dos restantes: 240 kg N/ha (fraccionado en fondo y dos coberteras).

Las dosis de nitrógeno se han incrementado después de las tres primeras cosechas. Por una parte, al comprobar con los resultados de cosecha que los aportes de nitrógeno podrían quedar cortos para las producciones conseguidas, y por otra, para poder contrarrestar el posible efecto de bloqueo de nitrógeno, por la incorporación de los restos de cosecha (paja de cereal picada y cañote de maíz).

- Tratamiento **purín fondo** (P100): 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.
- Tratamientos con aplicación de **purín en cobertera**:

En el cultivo de la cebada, se partió de la hipótesis de que podía ser fertilizada únicamente con purín y se estudiaron dos estrategias de fraccionamiento de fondo y cobertera.

En el caso del maíz, la aplicación de purín, con los medios técnicos disponibles actualmente sólo se podía realizar en fondo, con lo que las coberteras han sido exclusivamente de abono mineral.

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

En la **cebada** se ha aplicado con purín **un tercio del N del tratamiento mineral en fondo y los dos tercios restantes en cobertera** de las cantidades de nitrógeno en forma amoniacal del purín.

En la fertilización del **maíz**, se han planteado diversas estrategias cada año, que se presentan a continuación referidas al porcentaje de nitrógeno aplicado en el tratamiento mineral correspondiente de cada año. En el año 2007, se aplicó en fondo el 66% y el 33% restante en la segunda cobertera de maíz; en el año 2008, el 100% en fondo más un 25% sobreañadido en la segunda cobertera, y en el año 2009, el 50% en fondo y 50% en dos coberteras (30% y 20%).

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

En la **cebada se ha aplicado, 50% del N en fondo y 50% en cobertera en forma de purín**. La cantidad de N aplicada ha sido igual a la del tratamiento mineral de cada año y se ha tenido en cuenta sólo el contenido del N amoniacal del purín.

En la fertilización del **maíz**, las cantidades aplicadas, se refieren 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, 60% aplicado en fondo y 40% con la segunda cobertera, y en el año 2009, en fondo 66% y 33% en la segunda cobertera. Este último año los porcentajes aplicados coinciden con el primer año de ensayo en PCob1, incrementando las aplicaciones en el año 2009 un 25 % respecto al 2007 (*tabla 1*).

Se expone en las *tablas 1 y 2* para cada tratamiento, cultivo y año de ensayo las dosis de nitrógeno aplicadas.

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.

Cebada	Tratamientos							
	TM	PCob1 *		PCob2 *		P100 *		T0
	Mineral Fondo y Cobertera	Purín Fondo	Purín Cobertera	Purín Fondo	Purín Cobertera	Purín Fondo	Cobertera	
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%

* 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.

Maíz	Tratamientos							
	TM	PCob1 *		PCob2 *		P100 *		T0
	Mineral Fondo y Cobertera	Purín Fondo	Mineral Cobertera	Purín Fondo	Mineral Cobertera	Purín Fondo	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%

* Porcentaje de nitrógeno en forma amoniacal aplicado con purín

3.3. Muestras, análisis y otras prácticas

- Purín

En los tratamientos de fertilización con purín se ha 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 los primeros aportes, se analizaba con el método Quantofix® y por conductimetría⁽¹³⁾. Tras el envío de muestras de purín al laboratorio para su análisis completo, y observar que las diferencias entre el contenido amoniacal analizado con los métodos rápidos y en laboratorio fueron mínimas, en el resto de aplicaciones de purín se analizó únicamente por conductimetría (*foto 2*).



Foto 2: Determinación del nitrógeno amoniacal por conductimetría.

El valor medio encontrado con los métodos rápidos ha sido de 4,5 kg/m³ de nitrógeno en forma amoniacal (purín de cebadero). Con un rango de valores comprendido entre 3,15 y 5,7 kg/m³ de nitrógeno. Las variaciones observadas en éste y otros ensayos, en la concentración del nitrógeno amoniacal del purín, confirman la necesidad de utilizar métodos rápidos, para hacer un buen ajuste.

- Suelo

Se realizó un muestreo (*foto 3*) de la capa superficial del suelo (0-0,30 m) inmediatamente antes de comenzar el ensayo (*tabla 3*). El suelo presenta una textura (USDA) franco-arcillo-limosa (28,7% arena, 41,8 % limo y 29,4 % arcilla) es moderadamente básico, con una CE que no indica problemas de salinidad y un contenido medio-alto de materia orgánica (2,45%).

Tabla 3. Análisis inicial del suelo en la capa superficial (0-0,30 m).

Parámetro	Inicio (10/03/06)
pH en agua (1:2,5)	8,24
Conductividad eléctrica CE (1:5; dS/m)	0,21
Materia orgánica (%)	2,45
Nitrógeno mineral (mg N-NO ₃ /kg)	13,59
Fósforo (Olsen, mg P/kg)	34,21
Potasio (Ext. Ac. Am, mg K/kg)	340,00
Carbonatos totales (CaCO ₃ , %)	34,18
Caliza activa (%)	11,05
Magnesio (meq/100g suelo)	4,33



Foto 3: Toma de muestra de suelo.

Al finalizar las tres campañas (30/11/09) se han muestreado los suelos para estudiar la evolución de la fertilidad del suelo y de los metales pesados Cu y Zn, en los tratamientos con fertilización mineral (TM) y en el tratamiento P100 que ha recibido la mayor dosis de purín durante los 3 años de ensayo.

- Cultivo

Se utilizaron variedades de cebada precoces para no retrasar en exceso la siembra de maíz. Las variedades, para este segundo cultivo, han sido de ciclo 450 en dos campañas y una de ciclo 500.

Los valores de la producción de la cebada se han obtenido cosechando 27 m² mediante cosechadora de ensayos. En el caso del maíz, a partir de los valores de recolección manual de 2,25 m². Se procedió a la medida de la humedad en grano con un medidor de campo, para expresar la producción de cebada al 12% y el maíz al 14% de humedad.

- Prácticas agronómicas

Las prácticas de **agricultura de conservación** han sido, en cebada tras maíz, mínimo laboreo de chisel y tren de siembra con rotovalor. Para el cultivo de maíz, siembra directa sobre el rastrojo de cebada. El control de plagas y malas hierbas fue el habitual de la zona.

Las aplicaciones de purín:

- En el **cultivo de cebada** se han realizado **en fondo y cobertera**, esta última antes del encañado.
- **En el cultivo de maíz, recién sembrado éste.**

Inmediatamente después de cada aportación de purín se ha aplicado un riego ligero por **aspersión, entre 8 y 10 litros por metro cuadrado**, para infiltrar el nitrógeno amoniacal de la fracción líquida del purín. Este riego ligero, se propone además como mejora para la nascencia del maíz, así como para el desarrollo de la cebada.

En este ensayo la elección de doble cultivo de cereal por campaña (cebada/maíz) se ha realizado con la finalidad de estudiar la posible ampliación de las cantidades de purín aplicadas por hectárea y gestionarlo espacialmente en tres momentos de aplicación.

Las aportaciones de nitrógeno en forma orgánica, en este esquema experimental, superan el límite máximo establecido, de los 210 kg N /ha y año, de las Directrices Sectoriales sobre actividades e instalaciones ganaderas⁽⁹⁾.

Exponemos a continuación el calendario de las fechas de siembra, cosecha y aplicación de purín, en los tres años de ensayo. Se puede comprobar el breve espacio de tiempo entre una cosecha y la siembra siguiente. **La última siembra de maíz, se realizó el mismo día de la cosecha de cebada (foto 4).**

	Fecha
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



Foto 4: Arriba: Cosechadora de ensayos en cebada.
Abajo: Siembra directa de maíz sobre rastrojo.

4. Resultados agronómicos

El primer objetivo del ensayo experimental ha sido conocer la respuesta productiva, a través de **la eficiencia de uso del nitrógeno amoniacal del purín por los resultados de cosecha**, comparando las producciones del tratamiento mineral con las distintas estrategias de aplicación de purín. Los datos de producción que se exponen en la **tabla 4** están referidos al 12% y 14% de humedad, para la cebada y maíz respectivamente.

Durante los tres años de ensayo, las seis cosechas se ha desarrollado sin incidencias importantes, en la cebada del año 2007 poco antes de la cosecha hubo una tormenta con pedrisco que afectó entre el 15-20% del rendimiento, y otra afectó al maíz en verano de 2008, ésta con menores consecuencias. Como anécdota, pocos días después de la cosecha de maíz del ensayo en 2008, una ventolera arrasó otros maizales de la zona, que estaban sin recoger.

Tabla 4. Valores de rendimiento de cosecha (kg/ha), del cultivo de cebada en cada año de ensayo, (12% humedad).

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
Total 3 campañas	16.767	17.362	17.685	14.322	9.273

El rendimiento de las tres campañas de **cebada**, muestra que en los dos tratamientos que se combina la aplicación de purín en **fondo y cobertera (PCob1 y PCob2)**, (*tabla 4*), **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 notablemente inferior**.

En las condiciones específicas de suelo (*tabla 3*) y clima del ensayo, con escasa lluvia en invierno, con un riego eficiente por aspersión, mínimo laboreo y fraccionamiento de la aplicación de purín, para el cultivo de **cebada**, el N amoniacal del purín (70-75% del nitrógeno total), analizado éste en campo, para ajustar las dosis y aplicar igual cantidad de nitrógeno que en el tratamiento mineral, **la eficiencia de la fracción amoniacal del purín, ha resultado equivalente al nitrógeno mineral de síntesis**.

Las producciones obtenidas en **maíz (tabla 5)** en diferentes estrategias en la fertilización nitrogenada (*tabla 2*), muestran que una aplicación de las necesidades totales en forma de purín en **fondo (P100)**, **no alcanzan las producciones del tratamiento mineral (TM)**, aunque se aprecie una progresión ascendente. Parece ser que se precisa de una aplicación de nitrógeno mineral en cobertera. Los resultados preliminares indican que dicha cobertera mineral estaría en un rango en torno al 20% ó 35 % de las necesidades totales de nitrógeno del maíz. En posteriores campañas se espera ajustar las dosis de purín en fondo para el maíz.

Tabla 5. Valores de rendimiento de cosecha (kg/ha), del cultivo de maíz en cada año de ensayo, (14% humedad).

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

En los resultados productivos en el tratamiento control (T0), sin fertilización orgánica ni mineral, **puede apreciarse como en la primera cosecha del año 2006, el rendimiento de cebada se mantiene sin diferencias respecto al resto de tratamientos (tabla 4)**, debido a las reservas de nutrientes de años anteriores. En campañas posteriores los rendimientos en el tratamiento control fueron entorno a 2.000 kg/ha en cebada (*tabla 4*) y 4.000 kg/ha en maíz (*tabla 5*). El seguimiento del ensayo nos mostrará la evolución del tratamiento control, cuyo aspecto puede observarse en la *foto 5*.

En cuanto al suelo, en la analítica realizada tras los tres años, se ha observado un ligero incremento de fósforo, potasio y materia orgánica en el tratamiento P100 (mayor dosis de purín) respecto al tratamiento mineral (TM), este puede ser debido posiblemente a una más rápida humificación e incorporación de la paja y el cañote, favorecida por la aplicación de purín (*foto 6*). Los metales pesados cobre y zinc se han incrementado en el tratamiento P100 respecto al TM de forma irrelevante. La continuidad del ensayo, en años sucesivos, permitirá observar, la evolución de todas estas diferencias.



Foto 5: Vista del tratamiento control.

5. Evaluación de costes de fertilización mineral y con purín

La posibilidad de utilizar purín, u otro fertilizante orgánico de oportunidad, por parte de agricultores no ganaderos, pasa por **mantener los resultados de producción obtenida con la fertilización mineral** y, que los **costes de aplicación del fertilizante orgánico sean inferiores a los de la fertilización mineral**. Esta última es más cómoda, rápida y el transporte de menos peso facilita la aplicación en cobertera en cereal de invierno, por lo que la aplicación de purín debe ser económicamente atractiva para realizarla.

En la evaluación del coste de la aplicación de purín, se han considerado las circunstancias reales del ensayo, distancia de la granja a la parcela de 9 km (mitad, en carretera y mitad, en camino), contabilizando un tiempo medio de desplazamiento de 45 minutos, que incluye los tiempos de carga, desplazamientos (ida y vuelta), y su aplicación en la parcela. En la **evaluación de la aplicación de purín**, la **adquisición de éste** se asume a **coste cero**, y la **cuba**, es **cedida por el ganadero**, que es la **práctica habitual** entre ganaderos de porcino y agricultores en el área del ensayo.

El purín de cebo utilizado en el ensayo ha tenido una composición media por metro cúbico: 4,5 kg nitrógeno amoniacal, 3,5 kg de fosfórico y 4,0 kg de potasa. Para cubrir las necesidades productivas del ensayo se necesitan **120 kg N por hectárea para la cebada, contenidos en 27 m³ de purín** repartido en fondo y cobertera. La capacidad teórica de la cuba era de 13 m³, pero la capacidad real fue de 11,7 m³, que supone un transporte de 2,3 viajes y un tiempo de trabajo de **1 hora y 45 minutos**.

Para el caso del **maíz**, **–la aportación del 66% de las necesidades de nitrógeno del cultivo con purín en fondo–**, equivale a 160 kg N/ha (de las 240 kg N/ha necesidades totales). En las condiciones de nuestro ensayo (valor medio 4,5 kg de nitrógeno amoniacal/m³ de purín, capacidad cuba 11,7 m³ y 45 minutos/viaje) están **contenidos en 35,5 m³**, que supone un transporte de 3 viajes y un tiempo de trabajo de **2 horas y 15 minutos**.

En los **costes de la aplicación de purín** por el agricultor, **valoramos su tiempo y el trabajo del tractor**, **–debiendo tener dicho tractor las prestaciones adecuadas para la aplicación y el transporte descrito–**, **por la misma cuantía que percibe el agricultor cuando realiza trabajos a terceros**. Para el año 2007 fue 41 €/hora, y para los años 2008 y 2009 ha sido de 43,5 €/h. No contabilizamos el IVA, y consideramos que la aplicación la realiza el agricultor a sus propias fincas.

Los costes de la **fertilización mineral** se han calculado en base a los abonos utilizados en el tratamiento mineral y con el tipo de productos habituales de la zona. Los precios de los fertilizantes para cada año de ensayo son los referenciados en MARM⁽³⁾, y no se ha contabilizado su coste de aplicación al campo.

Se presentan en la **tabla 6** los costes de aplicación de purín y fertilización mineral. En la **cebada**, las aplicaciones de purín, en fondo y cobertera, aportan todas las necesidades de nitrógeno e incluso exceden las de fósforo y potasio: el **coste medio** de la fertilización mineral NPK fue de **203 €/ha** (168 €/ha en 2006/07; 174 €/ha en 2007/08 y 266 €/ha en 2008/09), y con **purín de 75 €/ha**.

En el maíz, la estrategia de purín considerada, aporta el **66% de las necesidades de nitrógeno** y la **totalidad de fósforo y potasio**. La diferencia de N para alcanzar las necesidades totales de N del maíz, precisa de una cobertera de fertilización mineral (34% necesidades en maíz, equivalente a 82 kg N/ha), que tuvo un **coste medio de 91 €/ha** (72 €/ha en 2007, 112 €/ha en 2008 y 90 €/ha en 2009).

Los costes totales de **fertilización únicamente con mineral**, tuvieron un valor medio de **436 €/ha** (348 €/ha en 2007, 533 €/ha en 2008 y 428 €/ha en 2009) para aportar la totalidad de las necesidades de NPK.



Foto 6: Suelo con restos orgánicos en humificación.

Tabla 6. Costes de la fertilización: mineral y con sustitución de purín, en €/ha

Cebada *			Maíz *				
Campaña	Purín porcino NPK	Fertil. Mineral NPK	Campaña	Purín porc. 66% N +PK	Cobert. mineral 34% N	Fert purín+min. NPK	Fert. mineral NPK
2006/07	72	168	2007	92	72	164	348
2007/08	76	174	2008	98	112	210	533
2008/09	76	266	2009	98	90	188	428
Suma 3 años	224	608	Suma 3 años	288	274	562	1.309
Media	74,7	202,7	Media	96,0	91,3	187,4	436,3

* Cálculo realizado con precios anuales de MARM, 2010.

Se presenta además del coste total de los tres años para cada cultivo, el coste anual de cada año de ensayo debido a que han ocurrido cambios importantes en los precios de la energía y los abonos, que han repercutido tanto en los costes de aplicación de purín como en la fertilización mineral.

Son ostensibles, en las condiciones del ensayo, las **diferencias de coste por ha y año, entre las opciones que tienen purín, frente a las que se realizan únicamente con fertilización mineral**. En la **cebada**, el coste de la “fertilización todo mineral” **supera en 2,7 veces** a la realizada únicamente con purín ($202,7/74,7= 2,7$). En el caso del **maíz**, la “fertilización todo mineral” frente a la de “purín+cobertera mineral”, es **2,3 veces superior** ($436,3/187,4= 2,3$).



Foto 7: Aplicación de purín sobre la cebada, en cobertera.

6. Conclusiones

- En **doble cultivo anual** de cereales, en **riego por aspersión**:
 - **En la cebada, con mínimo laboreo, y aplicaciones en fondo y cobertera, la fertilización orgánica con purín puede sustituir a la fertilización mineral en su totalidad**, alcanzando resultados de cosechas similares al tratamiento mineral.
Para cubrir las necesidades de nitrógeno de la **cebada**, aplicando purín, han sido opciones válidas: **un tercio en fondo y dos tercios en cobertera** como la aplicación de **mitad en fondo y mitad en cobertera**.
 - **En maíz, en siembra directa**, para alcanzar los rendimientos del tratamiento mineral, el purín aplicado en fondo sustituye a la fertilización mineral en un alto porcentaje, aunque se **precisa la aplicación de cobertera mineral nitrogenada**.
- La técnica de aportar **un riego ligero por aspersión (8-10 l/m²) inmediatamente después de la aplicación de purín**, resultó ser una **buena práctica** para infiltrar el purín en el suelo. Este riego ligero se supone eficaz en la aplicación de purín **sobre el maíz ya sembrado, y sobre la cobertera de cebada**.
- La estrategia de realizar **una única aplicación de purín en fondo** con la misma cantidad de nitrógeno que en el tratamiento mineral, **no resultó adecuada**, en los tres años de estudio, **ni en el cereal de invierno ni en el maíz, no alcanzándose las producciones del tratamiento mineral**.
- La fertilización con purín en dosis adecuadas a las necesidades del cultivo, **ha permitido sustituir total o parcialmente a los abonos minerales, con un ahorro muy importante en los costes de fertilización**, en las condiciones en las que se ha desarrollado el ensayo.

7. Consideraciones finales

- La composición nitrogenada del purín puede ser variable entre distintas granjas, incluso difiere en distintas temporadas en la misma granja, como se ha constatado una vez más en las aplicaciones del ensayo. Para **ajustar las dosis de purín a las necesidades de nitrógeno** del cultivo, en el campo podemos conocer el nitrógeno amoniacal con un **método rápido**. En el ensayo se ha analizado el purín por **conductimetría**.
- Los resultados productivos **en maíz** mostraron la **necesidad de una cobertera nitrogenada mineral complementaria al purín de fondo**, para alcanzar el rendimiento del tratamiento mineral. De las estrategias experimentadas en el ensayo, se puede intuir, que esta cobertera **puede suponer entre el 25% y el 33% de la demanda de nitrógeno** del maíz. La dosis de esta cobertera se espera ajustar en posteriores campañas de ensayo.
- La aplicación del purín sobre los residuos de la cosecha anterior, bien incorporando ambos con un mínimo laboreo o infiltrando éste con un riego ligero en caso de siembra directa, que equilibre la relación entre carbono y nitrógeno, **favorece la descomposición de los residuos y su incorporación a la materia orgánica del suelo**. La evolución de ésta y otros parámetros, se comprobarán en la continuación posterior del ensayo.
- Fertilización nitrogenada y normativa:

En los nuevos regadíos por aspersión es posible obtener buenas producciones en rotaciones anuales de maíz-cebada, con doble cosecha anual, como pone de manifiesto el ensayo presentado, y de hecho, esta práctica está cada vez más extendida. En este sistema de doble cultivo, una parte importante de las necesidades de N de los dos cultivos (en el caso de la cebada, en su totalidad) puede ser cubierta con purín, pudiéndose aplicar notables cantidades de este fertilizante orgánico de un modo eficiente, pero que superan los límites que en estos momentos permiten las Directrices Sectoriales (210 kg N/ha y año, como aplicación orgánica). Sería deseable por tal motivo, investigar nuevos límites de fertilización orgánica para estos sistemas de doble cultivo que sirvieran para mejorar la gestión del uso de los purines, siempre de forma eficiente y sostenible.

8. Referencias bibliográficas

- (1) IDAE, MAPA 2007. Ahorro, Eficiencia Energética y fertilización Nitrogenada.
- (2) ECAF (European Conservation Agricultural Fed.), 2010. Disponible en: <http://www.ecaf.org/docs/ecaf/no%20tillage%20worldwide.pdf>.
- (3) MARM. 2010. Disponible en: www.marm.es.
- (4) Iguácel, F. y Espada, M. 2009. Producción de lechones en Aragón. Información Técnica nº 213 del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón.
- (5) Anuario estadístico de Aragón 2006/07.
- (6) Irañeta, I. y Abaigar, A. 2002. Purín de porcino ¿fertilizante o contaminante? Navarra Agraria. Mayo-Junio, 132, 9-23.
- (7) Ferrer M., Orús F. y Monge E.,
 - 2000. Determinación de formas nitrogenadas de estiércol fluido porcino (EFP) por distintos métodos analíticos. Rev. Anaporc 205, noviembre.
 - 2002. Relación entre las diferentes formas de nitrógeno en el estiércol fluido porcino (EFP): nitrógeno amoniacal, orgánico y total. Aplicación práctica agrícola. Rev. Anaporc 225, septiembre.
- (8) Orús F. y Sin E. 2006. El balance de nitrógeno en la agricultura. En "Fertilización nitrogenada. Guía de actualización". pág. 11-21. Información Técnica del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón
- (9) 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.
- (10) Real Decreto 324/2000 de 3 de marzo por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas. BOE nº 58, de 08/03/00.
- (11) Iguácel F., Yagüe M.R., Orús F. y Quílez D. 2007. Evaluación de costes de sistemas y equipos de aplicación de purín. Información Técnica nº 178 del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón.
- (12) Comunicación personal ADS de porcino de Bujaraloz. 2009.
- (13) Yagüe M.R., Quílez D., Iguácel F., y Orús F. 2008. Métodos rápidos de análisis como herramienta de gestión en la fertilización con purín porcino: conductimetría. Información Técnica nº 195 del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón.
- (14) Orús F., Yagüe MR., e Iguácel F, 2010. Uso de los estiércoles en la fertilización agrícola, y su justificación en relación con la normativa aragonesa. Información Técnica del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón, nº 219/2010.

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 “Establecimiento de un plan de fertilización con purín porcino-sureste de la Hoya de Huesca y norte del área de Zaragoza”.

Los autores desean agradecer el apoyo permanente en las analíticas realizadas por el Laboratorio Agroambiental del Departamento de Agricultura y Alimentación. También desean agradecer al agricultor Gerardo Rozas por el interés y disposición para realizar el ensayo y al personal de campo del Centro de Transferencia Agroalimentaria (CTA), y de la Unidad de Suelos y Riegos del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA).



Vista del desarrollo del maíz sobre el rastrojo de cebada en el ensayo

Autores:

Francisco Iguácel Soterás	Area de Programas Integrados Alimentarios. C.T.A.
María Rosa Yagüe Carrasco	Unidad de Suelos y Riegos. (Unidad Asociada al E.E.A.D.-C.S.I.C.) C.I.T.A.
Fernando Orús Pueyo	Area de Programas Integrados Alimentarios. C.T.A.
Dolores Quílez Sáez de Viteri	Unidad de Suelos y Riegos. (Unidad Asociada al E.E.A.D.-C.S.I.C.) C.I.T.A.

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

Fotografías: F. Iguácel, F. Orús y M.R. Yagüe.

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

Para más información, puede consultar al CENTRO DE TRANSFERENCIA AGROALIMENTARIA:
Apartado de Correos 617 • 50080 Zaragoza • Teléfono 976 71 63 37 - 976 71 63 44

Correo electrónico: cta.sia@aragon.es

■ **Edita:** Diputación General de Aragón. Departamento de Agricultura y Alimentación. Dirección General de Desarrollo Rural. Servicio de Programas Rurales.
■ **Composición:** Centro de Transferencia Agroalimentaria. ■ **Imprime:** Los Sitios, talleres gráficos. ■ **Depósito Legal:** Z-3094/96. ■ **I.S.S.N.:** 1137/1730.