

# INFORMACIONES TECNICAS

Dirección General de Desarrollo Rural

Núm. 276 ■ Año 2020

Centro de Transferencia Agroalimentaria



## Fertilización nitrogenada orgánica y mineral del cultivo de arroz en Aragón.



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo Agrícola  
de Desarrollo Rural. FEADER



GOBIERNO  
DE ARAGON

# 1. Introducción

El uso de nitrógeno (N) en la agricultura como fertilizante es indispensable para aumentar la producción de los cultivos, pero el aumento del N en los sistemas agrícolas lleva asociado un riesgo mayor de contaminación de los ecosistemas.

Las pérdidas de nitrógeno pueden afectar tanto a las aguas, como a la atmósfera, habiendo tomado éstas últimas especial relevancia en los últimos años debido al aumento de emisiones de amoníaco y gases de efecto invernadero, en particular las de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), con un importante efecto invernadero.

Para evitar los problemas ambientales derivados de la fertilización, hay que aumentar la eficiencia de uso del N en los sistemas agrarios, ajustando las aplicaciones de N a las necesidades de cada cultivo, tanto en dosis como en momentos de aplicación, integrando en los planes de fertilización de los cultivos la correcta gestión de las deyecciones ganaderas y teniendo en cuenta las aportaciones de la mineralización de la materia orgánica del suelo y las de otras fuentes como el agua de riego.

En los últimos años, se han ido aprobando diferentes Directivas y Reglamentos a nivel europeo relacionados con la fertilización de los cultivos, entre ellos destacan la Directiva de protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias (Directiva 91/676/CEE), la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/EC) o la Directiva de techos de emisión de contaminantes atmosféricos (Directiva 2016/2284).

En este contexto, la aplicación agrónomicamente razonada de los fertilizantes tanto de origen animal (orgánicos) como sintéticos es una necesidad que, además de aumentar el beneficio de las explotaciones, puede ayudar a reducir el riesgo de contaminación de las aguas por nitratos, y ser un buen instrumento para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

España es el primer productor de porcino de la Unión Europea, con un censo en 2018 de 30,8 millones de cabezas (EUROSTAT, 2020). En Aragón, se concentra el 24% de la cabaña porcina española con un censo superior a más de 8 millones de cabezas (MAPAMA, 2019). El sector porcino en Aragón representa el 37 % de la Producción Final Agraria (DGA, 2019) y la distribución del censo no es uniforme, concentrándose el 50 % de la producción en la provincia de Huesca. El aumento del censo porcino lleva asociado un aumento de la producción de purín; la estimación de la producción de nitrógeno contenido en los purines porcinos en Aragón en el año 2018 es de 56.500 toneladas, lo que supone el 70 % de las necesidades de N de los principales cultivos (maíz y cereales de invierno).

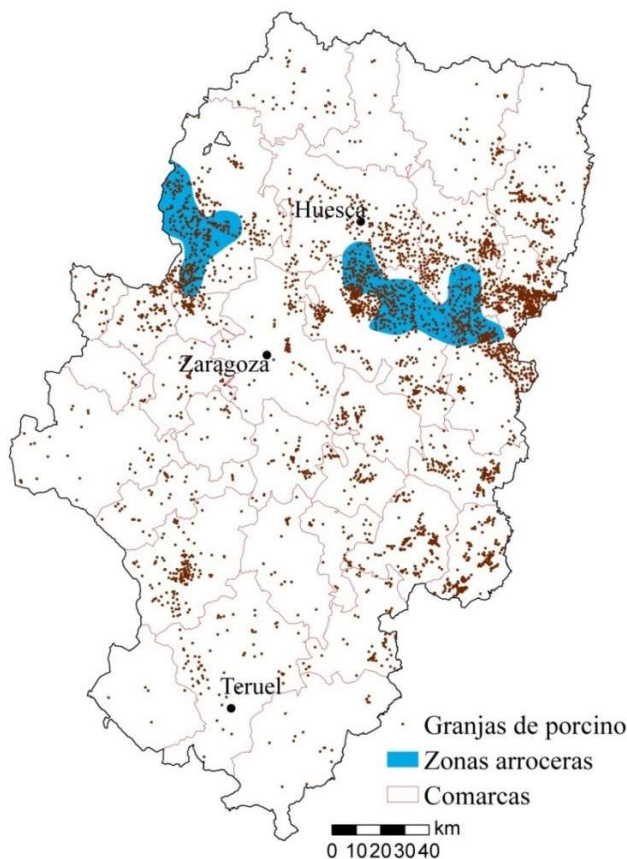
El purín porcino contiene nitrógeno, fósforo y potasio, así como microelementos. Entre el 70 y el 75 % del N contenido en el purín se encuentra en forma amoniacal, disponible directamente para el cultivo (Iguácel, 2006). Muchos estudios indican que la aplicación de purín en distintos cultivos permite alcanzar producciones satisfactorias pudiendo sustituir total o parcialmente a los fertilizantes minerales. En la Cuenca del Ebro, este hecho también ha sido constatado en cultivos de regadío como maíz (Daudén y Quílez, 2004; Yagüe y Quílez, 2010, Iguácel y col., 2010) y cereales de invierno en secano (Yagüe y col., 2015).

El uso de purines como fertilizante en el cultivo del arroz lleva años siendo una práctica común en algunas parcelas, pero existen muy pocos trabajos sobre ello y en general, sobre la fertilización orgánica de este cultivo en condiciones mediterráneas. La aplicación de las deyecciones ganaderas como fertilizante al arroz se realiza sin criterios definidos debido a la falta de información.

Es importante destacar que en el caso del cultivo del arroz, las parcelas se inundan tras la aplicación del fertilizante (que se aplica en forma amoniacal). Debido a ello, se crean condiciones anaerobias en el suelo, lo que conlleva que se inhiba el proceso de nitrificación y que la mineralización del N orgánico sea más lenta (Aulakh et al., 2000). Por lo tanto, los resultados de aplicación de purín porcino obtenidos para otros cultivos no se pueden extrapolar al cultivo de arroz inundado y éste se debe estudiar de manera independiente. En Aragón, el único trabajo que se ha podido encontrar es el de Leciñena y col. (1996) que concluyó que el nitrógeno aportado en forma de compost y purín a un cultivo de arroz inundado se aprovechaba menos eficientemente que el aportado con el fertilizante mineral.

En España se cultivan **105.422 ha de arroz**, de las cuales el **5,7 % se ubican en Aragón (MAPA ESYRCE 2019)** siendo la variedad que ocupa una mayor superficie Guadiamar, con un ciclo de cultivo adaptado a las condiciones climáticas que se dan en la zona. La fertilización nitrogenada habitual de los agricultores consiste en una aplicación antes de sembrar con aproximadamente las dos terceras partes de la dosis total de N en forma de urea (unos 300 kg de urea, equivalente a 120 kg N/ha) y el resto (unos 50 kg N/ha) en una cobertera generalmente de sulfato amónico (unos 250 kg/ha de sulfato amónico) que se aplica al final del ahijado o inicio de encañado.

Las zonas arroceras se localizan en las comarcas de las Cinco Villas en Zaragoza y en las de Los Monegros, Cinca Medio (**Foto 1**) y Bajo Cinca en Huesca, existiendo una coincidencia espacial entre las zonas de mayor densidad de granjas de porcino y las zonas arroceras (**Figura 1**). Es por ello que en estas zonas la fertilización del arroz con purín en sustitución de los fertilizantes minerales es una alternativa que puede aumentar el rendimiento económico de las explotaciones y que, por otro lado, puede llevar a una mejor gestión de los purines producidos favoreciendo el reciclaje del N y reduciendo el impacto ambiental de la fertilización.



**Figura 1.** Ubicación de las granjas de porcino en Aragón y sobrepuestas las zonas de producción de arroz.

Fuente: Datos PAC y Censos Ganaderos (2015) suministrados por el Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad del Gobierno de Aragón.

## 2. Objetivos

El objetivo de este trabajo ha sido evaluar el aprovechamiento agronómico del purín de cerdo como abonado de fondo en cultivo de arroz en inundación y comparar los resultados con los obtenidos con la fertilización habitual con fertilizantes minerales.

Para ello se ha evaluado:

- El rendimiento del cultivo y el equivalente mineral del N aplicado con el purín.
- La presencia de malas hierbas, plagas y enfermedades.
- El rendimiento en molino y la calidad del grano a la cocción.



**Foto 1.** Parcelas de arroz junto a granja de porcino de cebo en la comarca del Cinca Medio. Autor: Francisco Iguácel.



### 3. Metodología del ensayo agronómico

#### 3.1 Diseño experimental y tratamientos

El ensayo se realizó en la localidad de Villanueva de Sigena (Huesca, España), en tres fajas con una superficie total de 1,5 ha en tres años consecutivos (2011, 2012 y 2013). En la misma parcela se había cultivado arroz en el año 2010 y cebada en los años precedentes.

Se evaluaron dos dosis de purín porcino aplicado antes de la siembra:

- Una dosis de purín equivalente a 120 kg de nitrógeno/ha en forma amoniacal (N-NH<sub>4</sub>) denominada (P120) que se corresponde con las cantidades de N aplicadas habitualmente en fondo por los agricultores en la zona.
- Una dosis de purín equivalente a 170 kg de nitrógeno/ha en forma amoniacal (N-NH<sub>4</sub>) denominada (P170) que se corresponde con las necesidades totales de N del cultivo.

Estas dos dosis de purín se complementaron con 6 dosis de fertilizante mineral (sulfato amónico), de 0 a 150 kg N/ha, aplicado en la fase de ahijado (Tabla 1, Tratamientos Purín). Además, como referencia para poder valorar la eficiencia del N contenido en el purín se utilizaron tratamientos con N mineral (M), sin aplicación de purín. Las cantidades de N aplicadas en estos tratamientos minerales oscilaron entre 0 y 240 kg N y se presentan en la **tabla 1**. Se aplicaron dosis en fondo de 0 a 150 kg N/ha sin complementar en cobertera y una dosis de 120 kg N/ha en forma mineral en fondo (M120) complementada con distintas dosis de N mineral en cobertera, por ser ésta la práctica utilizada habitualmente por los agricultores de la zona (Tabla 1, Tratamientos Minerales).

**Tabla 1. Tratamientos de purín y minerales. Dosis de N aplicadas y momento de la aplicación.**

	Tratamientos Purín			Tratamientos Minerales	
	Fondo kg N-NH <sub>4</sub> /ha	Cobertera kg N/ha		Fondo kg N/ha	Cobertera kg N/ha
P120M0	120	0	M120M0 <sup>1</sup>	120	0
P120M30	120	30	M120M30	120	30
P120M60	120	60	M120M60	120	60
P120M90	120	90	M120M90	120	90
P120M120	120	120	M120M120	120	120
P120M150	120	150			
P170M0	170	0	Control (M0)	-	-
P170M30	170	30	M30	30	-
P170M60	170	60	M60	60	-
P170M90	170	90	M90	90	-
P170M120	170	120	M120 <sup>1</sup>	120	-
P170M150	170	150	M150	150	-

<sup>1</sup> Los tratamientos M120M0 y M120 son el mismo



**Foto 2.** Imagen de una faja del ensayo el 21 de junio de 2011. En el centro se puede ver una banda fertilizada con la dosis de purín alta y a ambos lados dos bandas donde se aplicó fertilizante mineral, donde se aprecian las parcelas con diversas tonalidades de verde relacionadas con las distintas dosis de nitrógeno aplicadas en cada una de ellas. Autora: Beatriz Moreno.

Los tratamientos se aplicaron en bandas de 6 m de ancho que se correspondían con los tratamientos P120, P170 y M. Las bandas de purín (P120 y P170) se dividían en 6 parcelas (donde se distribuían aleatoriamente los tratamientos de cobertera) con una longitud de 12 m cada una y las bandas de mineral se dividían en 10 parcelas (donde se distribuían aleatoriamente los tratamientos de cobertera) con una longitud de 5 m cada una. En el ensayo se utilizaron 4 repeticiones de cada una de las bandas con un total de 88 parcelas. Una vista general de una de las fajas del ensayo se puede ver en la **foto 2** donde se aprecian las bandas de purín y las bandas de mineral, estas últimas con mayor variabilidad de color.

### 3.2 Prácticas agronómicas

El purín procedía de una granja de cebo cercana a la parcela y las dosis de purín se establecieron en función del contenido de N amoniacal del purín medido in-situ mediante Quantofix® y conductimetría siguiendo la metodología de Yagüe y Quílez (2012). Posteriormente, las muestras de purín se analizaron en laboratorio. El contenido de N amoniacal del purín fue de 3,83; 3,00 y 3,05 kg N-NH<sub>4</sub>/t en 2011, 2012 y 2013 respectivamente. La **tabla 2** muestra los valores de la analítica de purín para los 3 años.



Análisis de la concentración de N amoniacal del purín mediante Quantofix y conductimetría. Autor: Francisco Iguácel.

**Tabla 2. Características físico-químicas del purín aplicado los 3 años de ensayo.**

	2011	2012	2013
Peso específico (g/L)	1025	1020	1045
Materia seca (kg/t)	77	37,4	94
N amoniacal (kg N/t)	3,83	3,00	3,05
N total (kg N/t)	6,27	4,24	5,63
P (kg P/t)	1,40	0,71	1,79
K (kg K/t)	3,50	4,08	3,07

El purín se aplicó los días 16 de Mayo de 2011, 15 de Mayo de 2012 y 9 de Mayo de 2013 con una máquina de tubos colgantes de 4,8 m de anchura (**foto 3**). Las cantidades de N realmente aplicadas en campo fueron ligeramente diferentes a las cantidades objetivo, debido a la dificultad de ajustar la dosis de purín de forma exacta en campo. La **tabla 3** muestra las dosis de purín (t/ha) aplicadas cada año para cada tratamiento, así como las dosis de N, P y K reales aplicadas. A continuación de la aplicación del purín, se procedió a la aplicación del abonado de fondo (sulfato amónico) en los tratamientos minerales a las dosis establecidas en cada tratamiento junto con 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (superfosfato 45%) y 100 Kg de K<sub>2</sub>O/ha (KCl al 60 %) y seguidamente se incorporó al suelo el purín y el abono mineral. En el año 2011 se aplicó nitrato amónico en vez de sulfato amónico en los tratamientos minerales en fondo por error.



**Foto 3.** Aplicación del purín en la parcela y detalle de la maquinaria utilizada. Autora: Beatriz Moreno.

**Tabla 3. Dosis de purín aplicadas y cantidad de N amoniacal, N total, fósforo y potasio correspondientes a cada una de las dosis para los 3 años de ensayo.**

	Dosis purín (t/ha)	N-NH <sub>4</sub> (kg/ha)	Total N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	
2011	P120	33,6	129	211	108	136
	P170	48,5	186	304	156	197
2012	P120	30,4	91	129	49	144
	P170	50,7	152	215	82	240
2013	P120	35,7	109	201	146	127
	P170	54,2	165	305	222	194

El 17 de Mayo de 2011, el 16 de Mayo de 2012 y el 15 de Mayo de 2013 se sembró la parcela con arroz de la variedad Guadamar (la más sembrada en la zona), con una densidad de siembra de 180 kg/ha, y seguidamente se procedió a inundar las parcelas, excepto en el año 2013 cuando la inundación precedió a la siembra. El agua fluía continuamente de una faja a otra; durante los primeros días, se mantuvo una lámina de agua de aproximadamente 5 cm para favorecer la germinación, pero posteriormente se aumentó a 10 cm, permaneciendo así hasta aproximadamente un mes antes de la cosecha, cuando se procedió a la seca para su posterior cosechado. Ocasionalmente se realizaron secas durante la campaña para realizar tratamientos herbicidas. El abonado de cobertera (sulfato amónico) se aplicó al final del ahijado, el 29 de Junio de 2011, el 4 de julio de 2012 y el 29 de Julio de 2013.

### 3.3 Muestreos y determinaciones

Se realizaron conteos de plantas cada año después de la nascencia y antes de la aplicación de la cobertera, en al menos 6 cuadros de 50x50 cm en cada una de las bandas (M, P120 y P170).

Por otro lado, se realizaron conteos de malas hierbas (Ciperáceas, Echinochloa y hoja ancha) y de panículas afectadas por *Chilo suppressalis* y *Pyricularia oryzae* cada uno de los 3 años en septiembre. Para ello se seleccionaron diferentes tratamientos para realizar el conteo: P170M0, P170M90, P170M150, P120M0, P120M90, P120M150, M0, M150 y M120M30, algunos de ellos por considerarse a priori óptimos y otros por considerarse sobrefertilizados. Se realizó el conteo en 2 cuadros de 50x50 cm en cada parcela.

La cosecha se realizó de manera manual los días 20 y 21 de octubre de 2011 y los días 15-17 de Octubre de 2012, cosechando un total de 4 m<sup>2</sup> en las parcelas de purín y 2 m<sup>2</sup> en las parcelas minerales. La cosecha en 2013 se realizó el 25 de octubre con una cosechadora de ensayos (**foto 4**), cosechándose una banda de 1,5 m de ancho y todo el largo de la parcela.

Se procedió a la medida de la humedad del grano con un medidor de campo (PM-600 grain moisture tester, Keller, Japan) para expresar la producción a la humedad de referencia (14 %).

Para evaluar el rendimiento en molino, las muestras de arroz cáscara se procesaron en un pequeño molino de Arrocera del Pirineo (ubicado en Alcolea de Cinca), que simula el proceso realizado a gran escala con el arroz cosechado. En primer lugar, se quita la cascara y se pule el grano de arroz para obtener el grano blanco, y posteriormente, se separan los granos partidos. Finalmente, los diferentes granos imperfectos (yesosos, amarillos y dañados por hongo o insectos)

se separan manualmente para obtener el porcentaje en peso de los diferentes grupos. El rendimiento en molino se evaluó en los tratamientos: P170M0, P120M0, P120M30, M150 y M120M30 (considerados tratamientos óptimos o cercanos al óptimo de fertilización) y P120M150 y P170M150 (tratamientos sobrefertilizados). Aunque el proceso se realizó los 3 años, en 2011 debido a un mal almacenamiento de las muestras, los granos se rompieron más fácilmente durante la molienda y, por tanto, los resultados de este año no se consideraron para el análisis de los resultados.

En los años 2011 y 2012 se analizaron dos de los parámetros típicos usados para evaluar la calidad del grano a la cocción: el contenido de amilosa y la consistencia gel; en este caso sólo en los tratamientos P170M0, P120M30 y M120M30.

Por último, en el año 2012 se realizó un análisis microbiológico del grano para evaluar la posible contaminación debido a la aplicación de purín. Para ello se tomaron muestras tanto de las parcelas de purín como de las minerales en bolsas esterilizadas para analizar la presencia (como indicador de contaminación) de *Escherihia coli* y *Salmonella spp.*



**Foto 4.** Cosecha del ensayo con cosechadora en 2013. Autora: Beatriz Moreno.



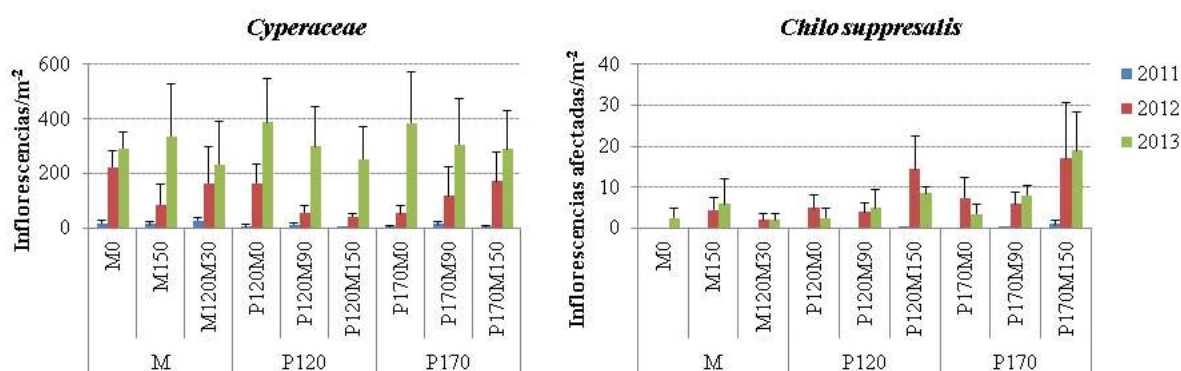
## 4. Resultados agronómicos

### 4.1 Densidad de plantas

La densidad de plantas no se vio afectada por los tratamientos de fertilización, aunque sí estuvo muy afectada por el año. Los valores medios fueron de 103, 86 y 51 plantas/m<sup>2</sup> para 2011, 2012 y 2013, respectivamente. En 2013, la densidad de plantas fue la mitad en comparación con 2011 debido a temperaturas bajas y velocidades de viento altas durante los días posteriores a la siembra.

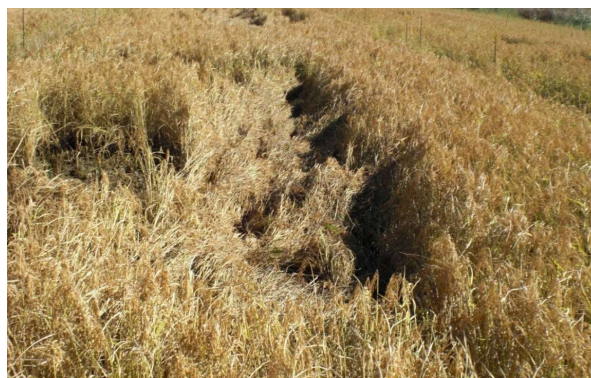
### 4.2 Malas hierbas, plagas y enfermedades

La presencia de Echinochloa y malas hierbas de hoja ancha fue muy baja, así como la afección por Pyricularia, durante los 3 años del ensayo. En la **figura 2** se muestra la presencia de ciperáceas y la afección por Chilo suppressalis. Se puede observar que la presencia de Ciperáceas fue baja en 2011 y mayor en 2012 y 2013, pero no se observaron diferencias entre tratamientos. Este comportamiento es habitual, ya que la parcela empezó a cultivarse con arroz en 2010, y a medida que aumentan los años en los que una parcela se ha cultivado con arroz, la presencia de malas hierbas se incrementa.



**Figura 2.** Presencia de inflorescencias de ciperáceas (izda) y de inflorescencias afectadas por *Chilo suppressalis* (dcha) en función del tratamiento de fertilización.

En cuanto al chilo, el número de plantas afectadas fue bajo, pero sí que se observó una mayor afección en los tratamientos sobrefertilizados, los cuales presentaron zonas de encamado fácilmente identificables en el campo (**foto 5**). La causa de ello es el exceso de N y no la aplicación de purín, ya que los tratamientos de purín óptimos ajustados a las necesidades del cultivo, por ejemplo PS170M0, no presentaron una mayor afección en comparación con los tratamientos minerales de igual dosis de N. **Esto indica que la aplicación de purín no presenta un mayor riesgo de proliferación de malas hierbas, plagas o enfermedades; sin embargo, cuando las dosis de N aplicadas son muy altas, independientemente de si la fuente de N es orgánica o mineral, el cultivo presenta un mayor vigor, lo que conlleva a una mayor exposición a plagas (Tinarelli, 1989).**



**Foto 5.** Parcela sobrefertilizada (P170M150) afectada por *Chilo Suppressalis* en el momento de la cosecha en 2012. Autora: Beatriz Moreno.

### 4.3 Respuesta del rendimiento al N aplicado

El rendimiento para los diferentes tratamientos de fertilización y los 3 años de estudio se presenta en la **figura 3**. Hubo una respuesta significativa del rendimiento a la aplicación de nitrógeno en los tratamientos minerales. La cantidad mínima de nitrógeno necesaria para conseguir el rendimiento máximo en los tratamientos minerales fue de 177 kg N/ha y 169 kg N/ha para los años 2012 y 2013 respectivamente, alcanzándose rendimientos máximos de 8.235 kg/ha (2012) y 5728 kg/ha (2013). En 2011, se aplicó nitrato amónico en fondo por error y los tratamientos minerales no consiguieron alcanzar el rendimiento máximo. Esto es debido a que el nitrato no es la forma más adecuada para la fertilización

del arroz inundado, ya que éste se pierde por lixiviación o por desnitrificación (perdidas gaseosas a la atmósfera), siendo recomendado realizar la fertilización en forma de amonio.

**El tratamiento de purín de dosis alta (P170) obtuvo el rendimiento máximo los 3 años sin necesidad de aplicar cobertera mineral**, mientras que en el tratamiento de dosis baja de purín (P120), fue necesaria la aplicación de 35 kg N/ha los años 2011 y 2013 y de 88 kg N/ha el año 2012. Por lo tanto, los valores umbrales de nitrógeno para alcanzar el rendimiento máximo fueron 164 (129 con purín +35 cobertera) kg N-NH<sub>4</sub>/ha en 2011, 179 (91 con purín+88 cobertera) kg N-NH<sub>4</sub>/ha en 2012 y 144 (109 con purín+35 cobertera) kg N-NH<sub>4</sub>/ha en 2013. Estos valores son similares a los obtenidos en la fertilización con sulfato amónico, 177 kg N/ha (año 2012) y 169 kg N/ha (año 2013).

Se puede por tanto decir que las cantidades mínimas de nitrógeno para alcanzar el rendimiento máximo fueron semejantes en los tratamientos de purín que en los minerales; es decir, el nitrógeno amoniacal aplicado con el purín porcino se utiliza con la misma eficacia por el cultivo de arroz que el aplicado en forma de fertilizante amoniacal.

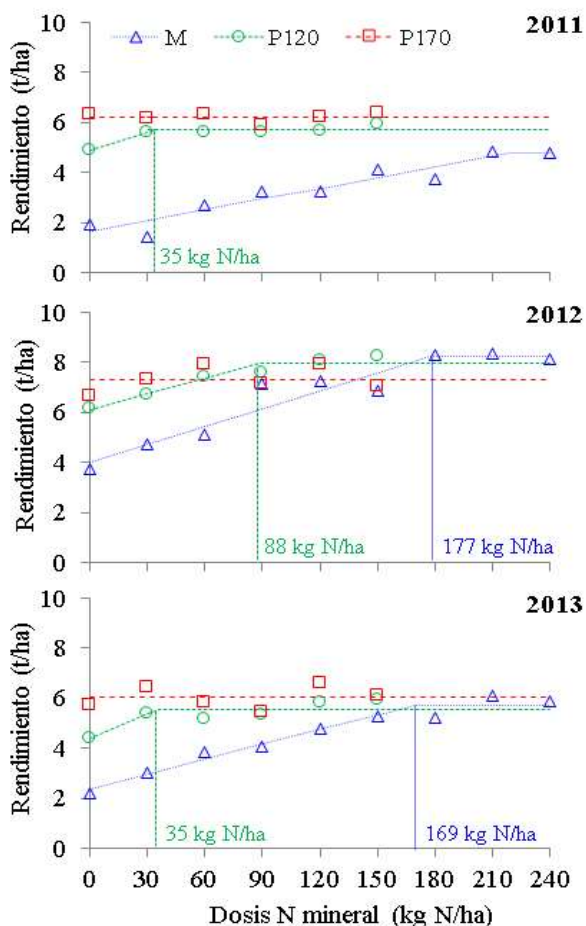
#### 4.4 Equivalente mineral del N aplicado con el purín

La **figura 4** muestra un ejemplo de cálculo del equivalente mineral del N aplicado con el purín. Éste se calculó como la dosis de N mineral que produce el mismo rendimiento que los tratamientos P120M0 y P170M0 (los tratamientos con dosis de purín en fondo pero sin aplicación del N mineral en cobertera).

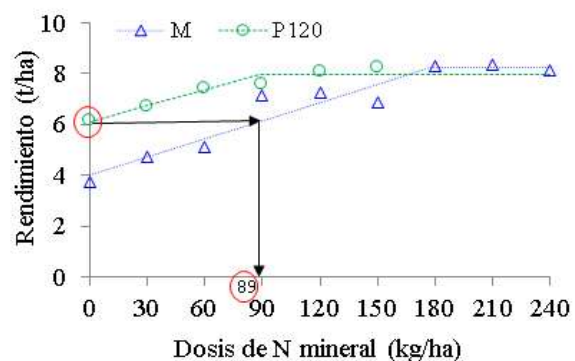
En la **tabla 4** se muestran los valores del equivalente mineral del N aplicado con el purín y el porcentaje que éste representó con respecto al N amoniacal y al N total aplicado, para los años 2012 y 2013 (para 2011 no se calculó el equivalente mineral puesto que los tratamientos minerales no alcanzaron el máximo rendimiento debido al error cometido en la fertilización).

El equivalente mineral del N amoniacal aplicado con el purín fue alto, variando entre el 72 y el 102 %. Estos valores decrecieron al considerarse el N total del purín, siendo entre el 50 y 69 %.

Por lo tanto, el equivalente mineral representó prácticamente todo el contenido de N amoniacal del purín, pero solo una parte del nitrógeno total, lo que nos indica que el nitrógeno orgánico no puede ser aprovechado por el cultivo durante el primer año de aplicación. Es decir, el cultivo utiliza el N amoniacal contenido en el purín de manera tan eficiente como el del fertilizante mineral, pero no puede usar el nitrógeno orgánico al menos durante el primer año de aplicación. Esto es debido a que las condiciones de anaerobiosis creadas por la permanente inundación de la parcela ralentizan los procesos de mineralización del nitrógeno. Por ello, las dosis de purín para la fertilización del arroz deben establecerse teniendo en cuenta el contenido de N amoniacal del purín para asegurar rendimientos óptimos.



**Figura 3.** Curvas respuesta del rendimiento al N aplicado en los dos tratamientos de purín (P120 y P170) y en el mineral (M) en 2011, 2012 y 2013. El eje x representa la dosis de N mineral aplicada.



**Figura 4.** Cálculo del equivalente mineral para el tratamiento P120 en 2012

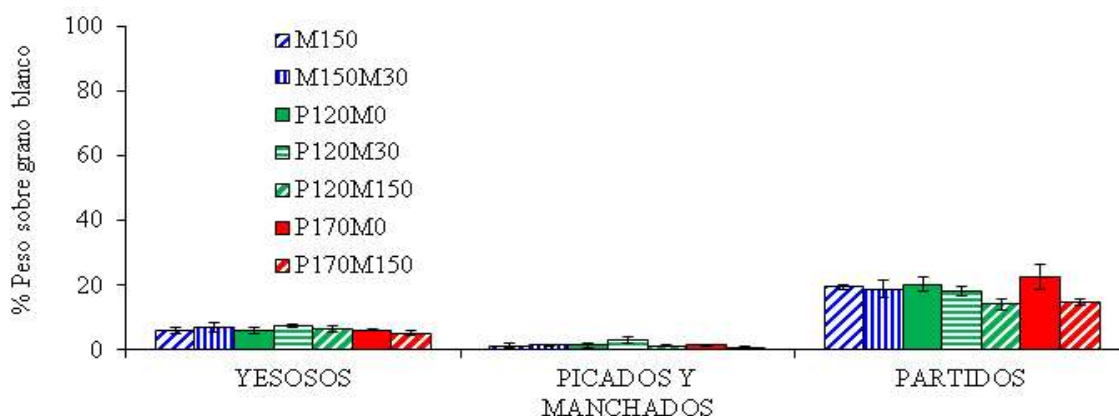


**Tabla 4. Equivalente mineral del N aplicado con el purín para los dos tratamientos de purín (P120 y P170), y el porcentaje que representa con respecto al N amoniacal y al N total contenido en el purín en 2012 y 2013.**

		Equivalente mineral kg N·ha <sup>-1</sup>	Purín N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> kg N·ha <sup>-1</sup>	Equivalente/ N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (%)	Purín N Total kg N·ha <sup>-1</sup>	Equivalente/ N Total (%)
P120	2012	89	91	98%	129	69%
	2013	101	109	93%	201	50%
	Media	95	100	96%	165	60%
P170	2012	110	152	72%	215	51%
	2013	168	165	102%	305	55%
	Media	139	159	87%	260	53%

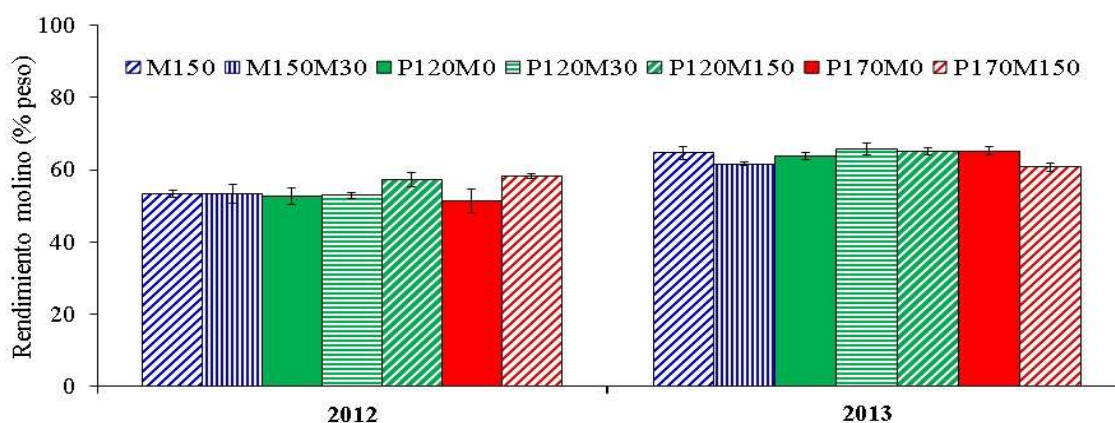
#### 4.5 Calidad del grano

En la **figura 5** se representa el porcentaje de cada uno de los grupos de granos descartados (partidos, yesosos, picados y manchados) durante el proceso de molienda y separación para el año 2012, y para cada uno de los tratamientos seleccionados. Los resultados nos indican que no existieron diferencias entre los diferentes tratamientos de fertilización, y el comportamiento fue similar para el año 2013 (datos no mostrados).



**Figura 5.** Porcentaje en peso con respecto al grano blanco de cada uno de los tipos de granos descartados en los tratamientos seleccionados (año 2012).

La **figura 6** representa el rendimiento en molino (porcentaje en peso del arroz apto para su envasado con respecto al grano cáscara) para 2012 y 2013. Se puede observar que el rendimiento en molino fue diferente entre años (siendo más alto en 2013), pero dentro de un mismo año no se observaron diferencias entre tratamientos.



**Figura 6.** Rendimiento en molino (porcentaje en peso con respecto al grano cáscara) en cada uno de los tratamientos seleccionados para los años 2012 y 2013.

La **tabla 5** recoge los parámetros de calidad analizados en los tratamientos seleccionados. Los valores fueron similares a los obtenidos habitualmente para la variedad Guadamar en Arrocería del Pirineo, donde se envasa el arroz cultivado en la zona de estudio. Los valores encontrados fueron semejantes para los diferentes tratamientos de fertilización y, por tanto, la fertilización con purín porcino no supuso un detrimento de la calidad del grano en comparación con la fertilización mineral.

Las diferencias encontradas en algunos parámetros entre años son debidas a las condiciones meteorológicas particulares de cada año, que condicionan la fase de llenado del grano. Independientemente de estas diferencias entre años, que son habituales, **se puede concluir que la fertilización con purín porcino no afectó a la calidad del grano ni a su rendimiento en molino.**

**Tabla 5. Parámetros de la calidad de cocción analizados en los tratamientos seleccionados en 2011 y 2012.**

Tratamientos	Año 2011		Año 2012	
	Consistencia gel (mm)	Contenido Amiloso (%)	Consistencia gel (mm)	Contenido Amiloso (%)
Mineral M120M30	85,00	8,15	78,67	8,32
Purín P120M30	82,33	8,26	77,33	9,18
Purín P170M0	92,67	8,86	80,00	7,46

Por último, es importante destacar que no se detectó *Escherichia coli* ni *Salmonella spp* en ninguna de las muestras de grano cáscara analizadas; por lo tanto, el purín porcino puede sustituir a los fertilizantes minerales sin presentar ningún riesgo microbiológico.



**Foto 6.** Panícula de arroz en agosto de 2011. Autora: Dolores Quílez

## 5. Conclusiones

En la fertilización del arroz inundado con purín porcino, el cultivo utiliza con la misma eficiencia el nitrógeno amoniacal aplicado con el purín que el N aplicado con un fertilizante mineral amoniacal. Con una dosis de purín ajustada a las necesidades del cultivo aplicada en fondo (170 kg N/ha), se pueden obtener los rendimientos potenciales sin necesidad de aplicar fertilizante mineral en cobertera. Las dosis de purín se deben establecer teniendo en cuenta el contenido de N amoniacal del purín si se quiere asegurar que se alcancen rendimientos máximos; ya que, debido a las condiciones de inundación, la mineralización del N orgánico no está favorecida y, por tanto, este N no puede ser aprovechado durante el primer año de aplicación.

No se ha observado que la fertilización del arroz con purín porcino afecte al rendimiento en molino ni a la calidad del grano a la cocción. La utilización del purín en cultivo de arroz tampoco afecta a la proliferación de malas hierbas ni aumenta el riesgo de afección por pestes (chilo) y enfermedades. Aunque sí se ha observado que el chilo tiene una mayor incidencia en parcelas sobrefertilizadas en nitrógeno, esa incidencia es independiente de la fuente de nitrógeno (orgánica o sintética). Por eso es muy importante ajustar las dosis de N a las necesidades del cultivo y contabilizar el N aportado con las deyecciones ganaderas, como el purín, en la planificación de la fertilización del arroz para minimizar estos riesgos.

## 6. Bibliografía

- Aulakh, M.S., Khera, T.S., Doran, J.W., 2000. Mineralization and denitrification in upland, nearly saturated and flooded subtropical soil - II. Effect of organic manures varying in N content and C:N ratio. *Biology and Fertility of Soils*, 31(2): 168-174.
- Daudén, A., Quílez, D., 2004. Pig slurry versus mineral fertilization on corn yield and nitrate leaching in a Mediterranean irrigated environment. *European Journal of Agronomy*, 21(1): 7-19.
- DGA, 2019. Avance macromagnitudes del sector agrario aragonés 2018. Secretaría General Técnica. Servicio de gestión económica, planificación y análisis. Disponible en: <https://www.aragon.es/documents/20127/8514559/Macromagnitudes+del+Sector+Agrario+Aragon%C3%A9s+2018.pdf/2cb86b4c-1d1f-e3bf-b3f1928b5fd35ced?t=1565095245353>. Consultado: Febrero 2020.
- EUROSTAT, 2020. European Statistics. Pig population. Disponible en: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tag00018&plugin=1>. Consultado: Febrero 2020.
- Iguácel, F., 2006. Estiércoles y fertilización nitrogenada. En: Gobierno de Aragón Departamento de Agricultura y Alimentación (Ed.), *Fertilización Nitrogenada Guía de actualización*, pp. 53-77.
- Iguácel, F., Yagüe, M.R., Orús, F., Quílez, D., 2010. Fertilización con purín en doble cultivo anual, en mínimo laboreo y riego por aspersión. Información Técnica nº 223, año 2010. Dirección General de Desarrollo Rural. Centro de Transferencia Agroalimentaria. Departamento de Agricultura y Alimentación. Gobierno de Aragón.
- Lecifena, B., 1996. Efectos de la fertilización nitrogenada, orgánica e inorgánica, relacionados con otros factores agronómicos en el cultivo del arroz. Proyecto fin de carrera. Trabajo de Investigación Agronómica, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Pública de Navarra, 86 pp.
- MAPA, 2019. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Año 2019. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/>. Consultado: Febrero 2020.
- MAPA, 2019. Encuestas ganaderas analisis del número de animales por tipo. Resultados de porcino 2018. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/encuestas-ganaderas/>. Consultado: Febrero 2020.
- Tinarelli, A., 1989. *El arroz*. Mundi-Prensa, Madrid, Spain.
- UE- Unión Europea, 1991. Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de Diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas* 375:1-8.
- UE- Unión Europea, 2016. Directiva (UE) 2016/2284 del Parlamento Europeo y del consejo de 14 de diciembre de 2016 relativa a la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos, por la que se modifica la Directiva 2006/35/CE y se deroga la Directiva 2001/81/CE. *Diario Oficial de la Unión Europea* 344:1-31.
- UE-Unión Europea, 2000. Directiva 2000/60/EC del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas* L327:1-72.
- Yagüe, M.R., Iguácel, F., 2015. Fertilización con purín porcino en fondo y cobertera en cereal de secano. Información Técnica nº 257, año 2015. Dirección General de Desarrollo Rural. Centro de Transferencia Agroalimentaria. Departamento de Agricultura y Alimentación. Gobierno de Aragón.
- Yagüe, M.R., Quílez, D., 2010. Response of Maize Yield, Nitrate Leaching, and Soil Nitrogen to Pig Slurry Combined with Mineral Nitrogen. *Journal of Environmental Quality*, 39(2): 686-696.
- Yagüe, M.R., Quílez, D., 2012. On-farm Measurement of Electrical Conductivity for the Estimation of Ammonium Nitrogen Concentration in Pig Slurry. *Journal of Environmental Quality*, 41(3): 893-900.



**Foto 7.** Panícula de arroz en floración, 13 de agosto de 2012. Autora: Beatriz Moreno



## 7. Agradecimientos

Se agradece la colaboración de Fernando Nasarre, propietario de las parcelas, por su estrecha colaboración en la realización del ensayo, de María Carmelo García (ATRIA Arroceros de Huesca), Susana Hernández (Arrocera del Pirineo) y Miguel Izquierdo, Jesús Gaudó y Juan Manuel Acín (C.I.T.A.) por su colaboración en las actividades de campo y a Inmaculada Salas (Arrocera del Pirineo) por el procesado de las muestras de arroz en el molino de Alcolea de Cinca.



**Foto 8.** Vista de una de las fajas del ensayo después de la cosecha de 2012. Autora: Beatriz Moreno.

### **Autores:**

**D. Quílez, B. Moreno-García, M. Guillén** Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA).  
Departamento de Ciencia, Universidad y Sociedad del Conocimiento

**P. Bruna, M. Vallés, F. Iguácel** Centro de Transferencia Agroalimentaria (CTA).  
Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente.

El presente trabajo ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigación Agraria y Alimentaria (INIA) y Fondos FEDER (Proyectos RTA2010-0126-C02-01 y RTA2013-0057-C05-04). También se agradece al INIA la concesión de una beca FPI a Beatriz Moreno.

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 TRANSFERENCIA AGROALIMENTARIA:  
Av. Montañana, 930 • 50059 Zaragoza • Teléfono 976 71 63 37

Correo electrónico: [cta.sia@aragon.es](mailto:cta.sia@aragon.es) - [agricultura@aragon.es](mailto:agricultura@aragon.es)