

# Fertilizantes orgánicos comerciales en agricultura ecológica de extensivos

## Resultados de la experimentación sobre la dinámica del nitrógeno en un cultivo de trigo ecológico

Armelle Zaragüeta Vidal, Nerea Arias Fariñas, Salomón Sádaba Díaz de Rada, Jesús Goñi Rípodas, Luis Orcaray Echeverría. *INTIA*

La agricultura ecológica certificada ocupa el 7 % de la superficie agrícola navarra y se posiciona como un modelo de agricultura que irá sumando adeptos. Las nuevas políticas impulsadas por la Unión Europea tienen como objetivo que para 2050, el 25 % de la superficie agrícola sea certificada en ecológico. Así, medidas europeas como la denominada “de la granja a la mesa”, ponen de manifiesto la transición hacia un nuevo modelo productivo y de consumo en el que la agricultura ecológica se posiciona como epicentro del cambio. Sin embargo, existen cuestiones por resolver en los sistemas de cultivo en ecológico referentes a la fertilización. En este sentido, los fertilizantes minerales de baja solubilidad junto a sustancias naturales o derivadas de estas como los fertilizantes orgánicos, son los únicos que se tiene permitido emplear. Tradicionalmente, los estudios sobre fertilización orgánica se centran en la dinámica del nitrógeno (N) por ser el nutriente con un impacto más visible en el rendimiento y estar intrínsecamente relacionado con la calidad de la cosecha. El nitrógeno es un elemento muy móvil en el sistema suelo, siendo de vital importancia el uso de correctas técnicas agronómicas. Una correcta técnica fertilizante debe facilitar el solape del N que oferta el fertilizante con la demanda por parte del cultivo, para así potenciar la eficiencia del N y la eficacia del fertilizante. Este solape de momentos formaría un agrosistema más eficiente al ocasionar menores pérdidas. Este aspecto es de vital importancia en agricultura ecológica ya que existe una limitación mayor respecto a la agricultura convencional en la cantidad de Unidades Fertilizantes de Nitrógeno (UFN) que se puede aplicar al sistema. Por lo tanto, el conocimiento sobre el manejo de nuevos fertilizantes certificados en ecológico lanzados al mercado se posiciona como un aspecto de gran importancia.

Para profundizar en este campo, la sociedad pública INTIA implantó en su finca de Sartaguda un ensayo de tres años para generar conocimiento sobre el uso de este tipo de fertilizantes orgánicos. Concretamente, los objetivos fueron: I) Obtener información técnica sobre el manejo de fertilizantes orgánicos comercializados en agricultura ecológica, II) Evaluar aspectos edáficos (dinámica del nitrógeno en el suelo-cultivo) y agronómicos (rendimiento y contenido de proteína) en función del tipo de abono aplicado y el momento de aplicación, III) Comparar el sistema monocultivo versus rotación en el uso de insumos y obtención de parámetros agronómicos.



## PARCELA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El ensayo, una rotación de tres años trigo-veza/avena-trigo, se situó en la finca experimental certificada en ecológico que INTIA posee en Sartaguda (Navarra). El clima de la región corresponde a mediterráneo templado seco según la clasificación climática de Papadakis marcado por unos veranos cálidos y secos. Se caracteriza por una temperatura de 13,9 °C, una precipitación de 500 l/m<sup>2</sup> y una evapotranspiración potencial 696,7 mm de media. Los suelos de esta región agroclimática generalmente no presentan pendiente, son profundos con un alto volumen explorable por las raíces, poseen estructuras débiles, contenido de materia orgánica irregular y capacidad de retención de agua baja-media debido a su pedregosidad y textura franca. Concretamente, la parcela experimental ha tenido un uso agrícola de regadío por inundación el primer y segundo año y por aspersión el tercer año. En cuanto a las labores en presembrado, el primer y tercer año, se realizó un pase de grada de discos a 30 cm de profundidad, un riego a manta y un pase con grada superficial. Tras la nascencia, se pasó una grada de púas para hacer frente a las hierbas hasta en dos ocasiones. El segundo año, coincidiendo con el cultivo de veza/avena, las labores realizadas en presembrado fueron dos pases de grada de discos, un pase de subsolador, un pase de grada de discos, dos pases de molón arrastrado, dos riegos a manta, un pase de grada de discos y un pase de grada superficial. Posteriormente se sembró la veza/avena y las franjas de monocultivo. La parcela presenta una suela de labor a 30 cm correspondiente al manejo, no hay aplicación de fitosanitarios y se retira la paja. Edafológicamente, se presentan sus principales características físico-químicas (homogéneas en toda la parcela experimental), así como sus elementos fertilizantes (NPK) en la **Tabla 1**. Con base en estos datos, la fertilidad del suelo en la parcela se clasifica como moderada. El partir de una situación de homogeneidad, facilita poder atribuir las posibles diferencias al fertilizante en sí y no a características edáficas particulares a lo largo de la parcela.

Se diseñó una rotación de tres años trigo-veza/avena-trigo en ecológico, con una superficie de parcela elemental de 40 m<sup>2</sup>

(4 m x 10 m). El diseño estadístico fue de bloques al azar con 4 repeticiones y dos factores:

- 1º factor: Tipo de fertilizante orgánico comercial **ajustado a 75 UFN**. Las características de los fertilizantes se muestran en la **Tabla 2**.
- 2º factor: Momento de aplicación. El 100 % de la aplicación se realiza en cobertera pudiendo ser en ahijado (M1) o encañado (M2).

De la combinación de ambos factores, se obtuvieron seis tratamientos fertilizantes que se muestran en la **Tabla 3**. A estos tratamientos, se incluyeron dos controles sin fertilizante; uno incluido en la rotación (ControlR) y otro monocultivo de trigo durante los 3 años (ControlM). La intención de estos dos controles fue poder estudiar el precedente leguminosa.

Tabla 1- Caracterización físico química del suelo de la parcela experimental.

Características	Valor
<b>Físicas</b>	
Densidad aparente (g cm <sup>-3</sup> )	1,64 ± 0,05
Poros (%)	38,03 ± 1,82
Arcillas (%)	12,8 ± 0,87
<b>Químicas</b>	
Carbonatos (%)	18,12 ± 0,26
pH	8,72 ± 0,04
Conductividad eléctrica (μs cm <sup>-3</sup> )	181,9 ± 14,3
Materia Orgánica (%)	1,58 ± 1,57
CIC (mEq-g/kg s)	13,69 ± 2,95
<b>Elementos fertilizantes</b>	
N total (%)	0,10 ± 0,01
P disponible (ppm)	24,47 ± 1,99
K+ (mEq-g/kg s)	2,47 ± 0,08

Tabla 2- Características técnicas de los fertilizantes orgánicos aplicados.

Fertilizante orgánico	Formato	Cantidad teórica (kg o l / ha)	Cantidad aplicada (kg o l / parcela)	pH	C/N	C orgánico (%)	N total (%)	N orgánico (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)
Fo1	pellet	750	3	-	4	40	10	9,5	-	-
Fo2	pellet	2.500	10	9,0*	11*	30*	3	2,6	4,5*	5,5*
Fo3	foliar	8	0,032	5,5*	-	-	8	-	0,2	0,2

Cada fertilizante corresponde a una casa comercial diferente. "\*" = aproximado

Tabla 3- Tratamientos fertilizantes aplicados en el ensayo.

Tipo Fertilizante	Momento de aplicación	Nomenclatura	Descripción tratamiento
Fo1	M1	Fo1M1	Fertilizante orgánico 1 tipo pellet aplicado 100 % en ahijado
Fo2	M1	Fo2M1	Fertilizante orgánico 2 tipo pellet aplicado 100 % en ahijado
Fo3	M1	Fo3M1	Fertilizante orgánico 3 tipo foliar aplicado 50 % en encañado y 50 % en espigado
Fo1	M2	Fo1M2	Fertilizante orgánico 1 tipo pellet aplicado 100 % en encañado
Fo2	M2	Fo2M2	Fertilizante orgánico 2 tipo pellet aplicado 100 % en encañado
Fo3	M2	Fo3M2	Fertilizante orgánico 3 tipo foliar aplicado 100 % en encañado
Control	Rotación	ControlR	Control sin aplicación de fertilizante incluido en la rotación de tres años
Control	Monocultivo	ControlM	Control sin aplicación de fertilizante de monocultivo de trigo durante los 3 años de rotación

Este ensayo fue posible gracias a la Presidencia de la Agencia Estatal de Investigación que financió los análisis de la primera campaña a través del proyecto “NOCALMES” y la formación de doctores (referencia proyecto RTA2017-00088-C03-01; referencia predoctoral PRE2018-085492), y a tres casas comerciales que prestaron sus productos para el estudio.

## TOMA DE MUESTRAS Y DETERMINACIONES ANALÍTICAS

Para la evaluación de la dinámica del N y parámetros agronómicos, durante el primer y tercer año de duración del ensayo, se tomaron muestras en todas las micro parcelas de suelo y cultivo en tres momentos: presembrado (sólo muestras de suelo); precobertera (muestras de suelo y biomasa aérea); y post-

cosecha (muestras de suelo y biomasa aérea). Las muestras de suelo se tomaron a tres profundidades (0-15; 15-30 y 30-60 cm) y las muestras de cultivo se tomaron de la parte aérea correspondiente a una superficie de 1 m<sup>2</sup>. A partir de las muestras de suelo tomadas, se determinó el contenido de N en forma de nitrato y amonio (Nmin) en el suelo de 0 a 60 cm de profundidad a partir de la suma de Nmin de las tres profundidades estudiadas. Para el cálculo de la cantidad total de N por ha, se utilizó la densidad aparente. Por otro lado, a partir de las muestras de la parte aérea del cultivo, se determinó la cantidad de N extraído por este.

El primer y tercer año del ensayo correspondiente al cultivo de trigo, para cada tratamiento, se calcularon los rendimientos (kg ha<sup>-1</sup>) calculados a un 12 % de humedad en grano y el contenido de proteína (%).



## RESULTADOS

A continuación, se muestran, por un lado, los resultados edáficos referentes a la dinámica de N en el suelo, y, por otro lado, los resultados agronómicos referentes a rendimiento y proteína.

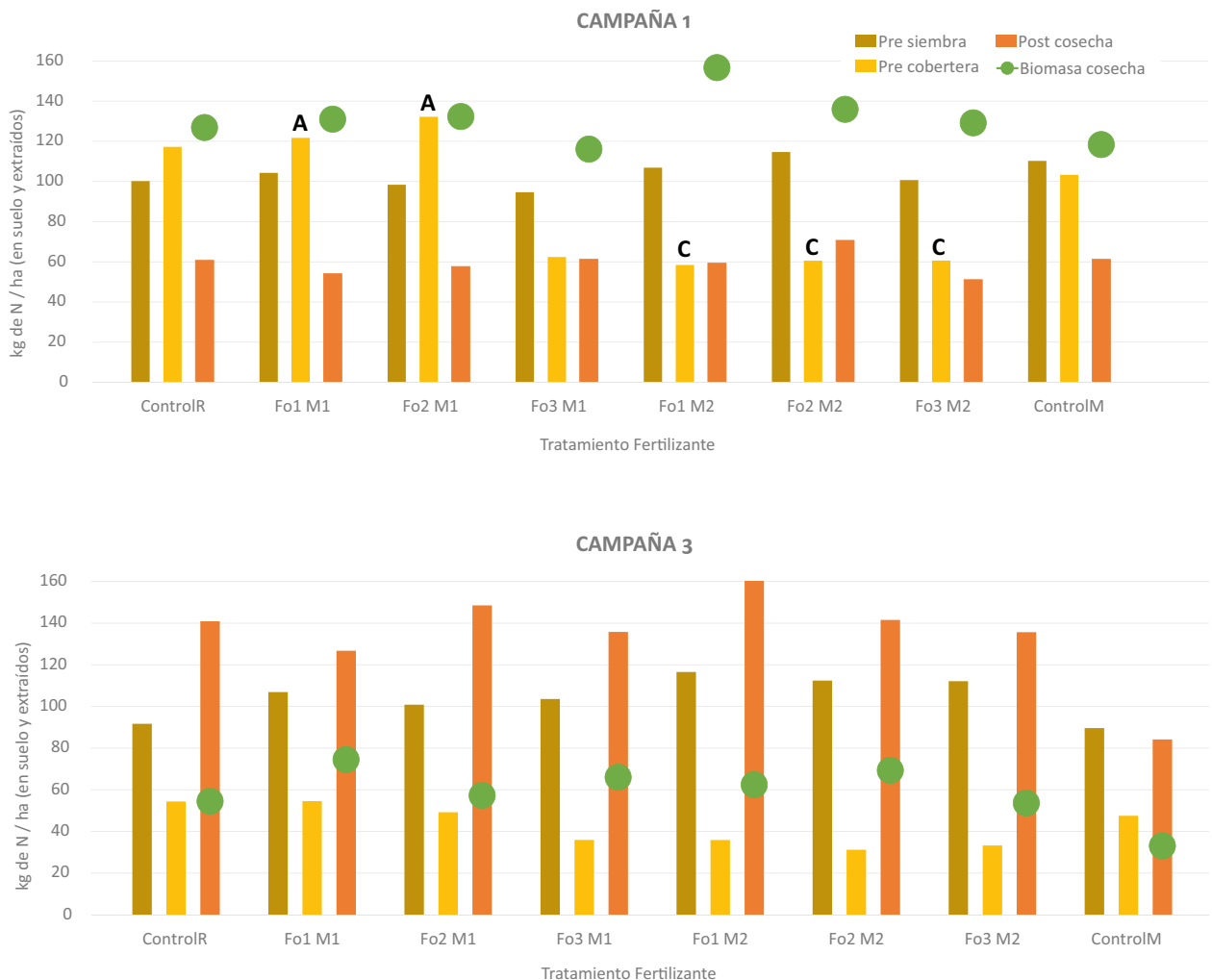
### Dinámica de N

En la primera campaña, los análisis de Nmin en presembrado mostraron una situación de homogeneidad en el suelo (**Gráfico 1**). Esta situación era ideal para, posteriormente, poder atribuir las diferencias observables a la estrategia fertilizante aplicada. Las muestras de suelo y biomasa en cobertera **se tomaron antes de la aplicación del fertilizante**. Las diferencias observadas en precosecha correspondieron al desarrollo normal del cultivo, en donde la cantidad de N absorbido por el cultivo es menor en ahijado que en encañado (**Gráfico 1**). En postcosecha, no se observaron diferencias significativas, ni en

la cantidad de Nmin en el suelo ni en la cantidad de N extraído por el cultivo en función del tipo de fertilizante aplicado o el momento de aplicación.

En la tercera campaña de estudio, tras la campaña de veza/avena (en la que no se tomaron muestras), el comportamiento en presembrado y postcosecha fue el mismo que en la primera campaña no observando diferencias significativas en función del tratamiento fertilizante aplicado (**Gráfico 1**). Sin embargo, en esta campaña, el N extraído por el cultivo fue menor, mientras que el Nmin postcosecha (residual) aumentó (**Gráfico 1**). Una de las posibles explicaciones a este suceso podría ser **una lenta disolución de los fertilizantes (pellet y foliar), debida a una cantidad insuficiente de agua suministrada** (tanto por precipitación como por riego) que desacopló el momento de necesidad del cultivo del momento de disponibilidad del N por parte del fertilizante. En este sentido, la solubilidad de los productos podría tener gran relevancia para su correcto funcionamiento, siendo imprescindible un correcto manejo de estos.

Gráfico 1. Cantidad de N en función del tratamiento fertilizante



Tratamientos con mismas letras no son significativamente diferentes según Tukey ( $\alpha=0.05$ )



# NAVARRA AGRARIA

*Una plataforma del conocimiento tecnológico agrario,  
al servicio de los profesionales*



[www.navarraagraria.com](http://www.navarraagraria.com)

**Suscripción (revista en papel) = 39,90 € anual**  
**Suscripción online = 24,90 € anual**

*Solicitud suscripción en:*

<http://www.navarraagraria.com/suscripcion>

**La mayoría de estos productos, al ser compuestos orgánicos (sustancias apolares), podrían necesitar gran cantidad de agua para disolverse.**

Así, en ambas campañas, el factor “tipo de fertilizante” no mostró significancia en ningún caso, mostrando indiferencia en el tipo de fertilizante que se aplica para aportar y extraer N. El “momento de aplicación” para Nmin, sí fue significativo mostrando valores más elevados en ahijado, acorde al desarrollo normal del cultivo. Para corroborar la hipótesis del efecto del agua en cuanto a la disolución del fertilizante, se analizó si este factor era significativo e interactuaba con el tipo de fertilizante y con el momento de aplicación, lo que resultó ser afirmativo en todos los casos. Por lo tanto, conocer la solubilidad de los fertilizantes para poder hacer un cálculo de la cantidad de riego necesario para la disolución de estos o un seguimiento exhaustivo de la climatología para aplicar el fertilizante antes de una lluvia podría ser relevante para un correcto uso, así como la efectividad de estos fertilizantes.

En cuanto al tipo de rotación, hay que resaltar, independientemente de que el precedente sea leguminosa o que se trate de un monocultivo, que a pesar de no observar diferencias significativas, en la tercera campaña el contenido de Nmin así como el N extraído fue inferior en el tratamiento monocultivo. El tratamiento control que tuvo rotación presentó unos niveles de Nmin y N extraído semejantes a los tratamientos fertilizantes.

### Rendimiento y proteína en grano

La solubilidad de los fertilizantes y, por tanto, el solape entre la oferta de N del fertilizante y la demanda de N del cultivo, se reflejó en el rendimiento y en la proteína del trigo. Además, ni el factor “tipo de fertilizante”, ni el “momento de aplicación” fueron significativos para estos parámetros agronómicos.

En la primera campaña, ni los rendimientos ni el contenido de proteína presentaron diferencias significativas en función del tratamiento fertilizante aplicado (**Gráfico 2**). Sin embargo, en la tercera campaña, se observó, por un lado, una disminución significativa del rendimiento de esta campaña respecto a la campaña 1, favoreciendo el contenido de proteína. Esta disminución en el rendimiento, pudo ser debida a la falta de N como consecuencia de la poca disolución de los fertilizantes o directamente a una escasez de agua. Por otro lado, el tratamiento control monocultivo (ControlM) tuvo un rendimiento significativamente inferior (**Gráfico 2**). El tratamiento con mayor rendimiento fue el fertilizante orgánico 1 aplicado en ahijado (Fo1M1). Este fertilizante tenía mayor cantidad de N (total y orgánico, **Tabla 2**) y al ser aplicado en ahijado, probablemente tuvo más tiempo de actuación. Por lo tanto, con falta de riego o escasez de agua, parece ser mejor a priori aplicar este tipo de fertilizantes en ahijado o incluso antes. Es interesante remarcar de nuevo, cómo el control en rotación (ControlR) obtiene rendimientos similares a la mayoría de los tratamientos fertilizantes.

Se observó en ambas campañas la relación negativa existente entre el rendimiento y el contenido en proteína como consecuencia del efecto sumidero del grano. A pesar de que existen indicios de que una asimilación de N por parte del cultivo después de la antesis favorecida por la liberación lenta y progresiva de ciertos fertilizantes puede revertir esta relación negativa, aquí no se observó este fenómeno.

### CONCLUSIONES

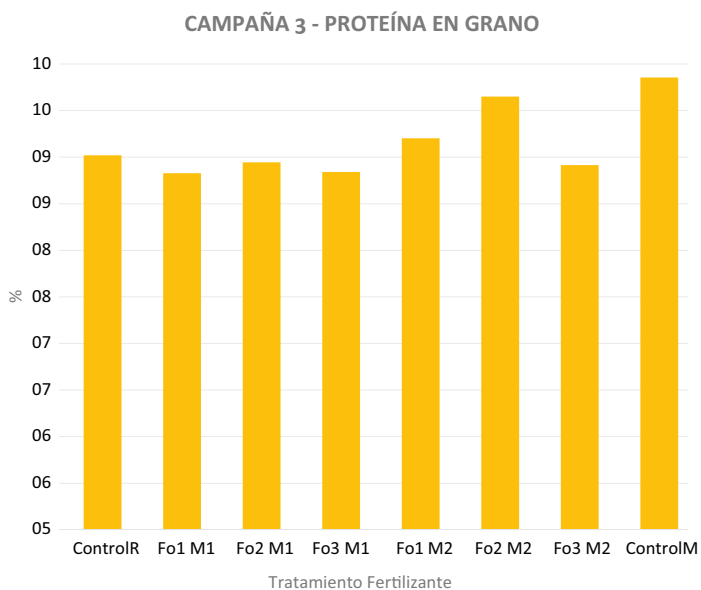
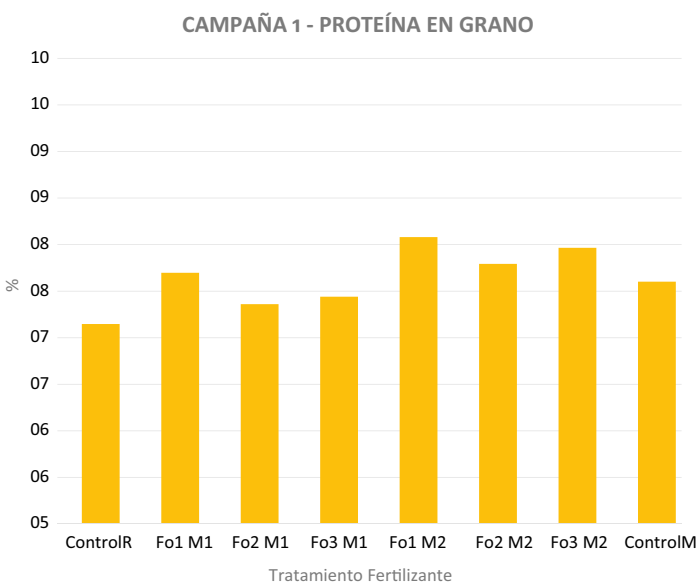
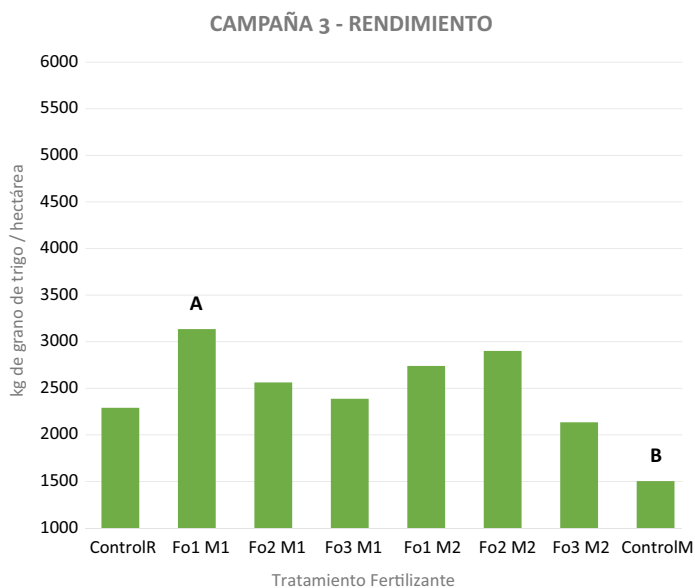
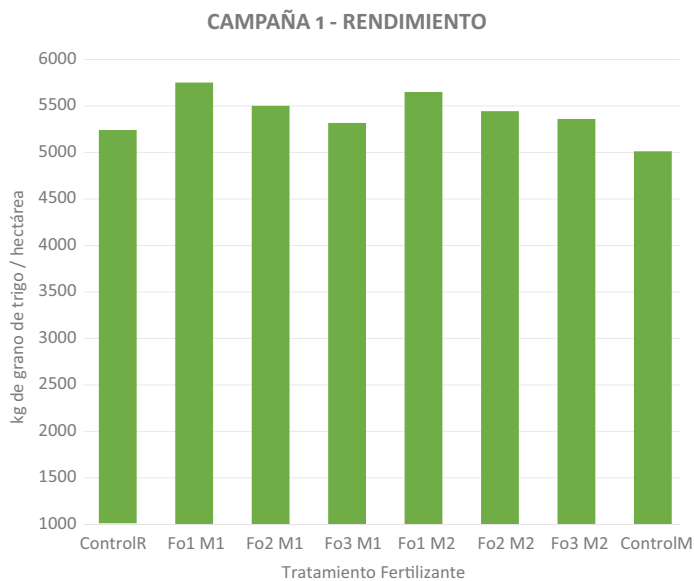
Tras evaluar un ensayo de tres años para poner en valor el uso de fertilizantes orgánicos certificados para agricultura ecológica en extensivos, se concluye que:

- Un manejo adecuado acorde a las características físico químicas del producto es esencial para obtener su potencial.
- No se observaron diferencias significativas entre los distintos tipos de fertilizantes ni respecto al control dentro de la rotación. Aplicar este tipo de fertilizantes en ahijado (o incluso antes) parece ser el mejor momento de aplicación, sobre todo si se trata de un cultivo en secano.
- El control monocultivo, después de tres años de ensayo, obtuvo los resultados más bajos no significativos de N mineral en el suelo en postcosecha, menor cantidad de N extraído por el cultivo, menor proteína y menor rendimiento, siendo este último parámetro significativo.

“Es necesario profundizar en el manejo de cada tipo de fertilizante orgánico comercial. Conocer las características físicoquímicas del fertilizante permitirá realizar un correcto uso y así solapar las necesidades del cultivo con la oferta de N del fertilizante.”



Gráfico 2. Rendimientos y contenido de proteína según el tratamiento



Tratamientos con mismas letras no son significativamente diferentes según Tukey ( $\alpha = 0.05$ )

