

Informe final Proyecto I+D y T

Eficiencia en el uso del N en trigo, en condiciones de clima mediterráneo húmedo: integración de aspectos agroambientales y de calidad del producto

Cliente:

Contacto Neiker:
Ana Aizpurua Insausti
aaizpurua@neiker.net
666-451862

Contacto Cliente:
Gobierno vasco, dirección de
Innovación
Santiago Martínez

Ref. **NEIKER**: 61.0258.0
Ejercicio: 2012

Ref. **DMAPTAP**: 61.0258.0
Fecha: 31-03-2014

Acrónimo: EUNETRI

Título: Eficiencia en el uso del N en trigo, en condiciones de clima mediterráneo húmedo: integración de aspectos agroambientales y de calidad del producto

Jefe de proyecto: Aizpurua Insausti, Ana
Email: aaizpurua@neiker.net

Clasificación del proyecto:

Unidad de negocio: Medio Ambiente

Departamento: Calidad Ambiental

Campos de aplicación: Tecnologías Ambientales

Área estratégica: Cultivos Extensivos, trigo, colza

Línea: Producción Sostenible

Tipo de proyecto: Estratégico

Origen: Neiker

Palabras clave:

Objeto: cultivos extensivos, trigo, colza

Aspecto: fertilización mineral, fertilización orgánica, lixiviación de nitratos, mineralización

Finalidad: valorización de residuos orgánicos, fertilización racional

Objetivo:

- 1) Objetivo agro-ambiental. Mejorar la eficiencia de la fertilización nitrogenada orgánica e inorgánica en trigo mediante la utilización de herramientas de diagnóstico y tratando de minimizar las pérdidas que ocurren a nivel de suelo y planta.
- 2) Objetivo de calidad. Determinar la influencia de factores genéticos, ambientales, de nutrición nitrogenada, de almacenaje y de procesamiento industrial sobre la calidad del grano y de la harina.

Objetivos específicos:

Objetivo agro-ambiental:

1.1. Aspecto agronómico

Comparar el efecto de la fertilización orgánica respecto a la mineral sobre la producción.

1.1.1. Puesta a punto de estrategias y herramientas que mejoren la eficiencia del fertilizante bajo criterios de producción.

1.1.2. Estudiar la mineralización de N a lo largo del cultivo bajo fertilización orgánica y mineral.

1.1.3. Estudiar el efecto del aumento de temperatura y déficit hídrico en el período post-floración sobre la producción.

1.2. Aspecto ambiental

1.2.1. Determinar las pérdidas de N por lixiviación en condiciones de regadío.

1.2.2. Determinar las pérdidas de N por volatilización del fertilizante.

1.2.3. Determinar las pérdidas gaseosas a nivel de planta.

1.2.4. Determinar las pérdidas por rizodeposición.

1.2.5. Cálculo del balance de N.

Objetivo de calidad

2.1. Ambito agronómico

2.1.1. Caracterizar las variedades de trigo según diferentes índices de calidad.

- 2.1.2. Estudiar la influencia de la fertilización nitrogenada en las proteínas del endospermo y en los índices de calidad del grano.
- 2.1.3. Estudiar el efecto de la temperatura y el déficit hídrico en el período post-floración sobre la calidad.
- 2.1.4. Puesta a punto de estrategias y herramientas que mejoren la eficiencia del fertilizante mineral bajo criterios de calidad del grano.
- 2.1.5. Estudiar la relación de la expresión del enzima Glutamina sintetasa con la calidad.

2.2 Ambito de Gestión del Producto

- 2.2.1. Puesta a punto de herramientas que permitan clasificar la cosecha por lotes de calidad homogénea.
- 2.2.2. Determinar la influencia del tiempo de almacenaje del grano en los índices de calidad.

2.3 Ambito Industrial

- 2.3.1. Estudiar la influencia de las condiciones de molienda en los índices de calidad en función de las características físicas y químicas del grano.
-

Duración: 45 meses

Fecha de inicio: 1/10/2009

Fecha final: 31/07/2013

1. Equipo participante de NEIKER - Tecnalia

Participantes de NEIKER - Tecnalia

- + Jefe de Proyecto: Ana Aizpurua
- + Otros participantes: Ander Castellón, Nerea Villar, Gerardo Besga, Roberto Perez Parmo, Luis Ramos, Gorka Astola, Fernando Blanco, Susana Virgel

Otras entidades participantes o colaboradoras

Universidad del País Vasco (UPV), Universidad Pública de Navarra (UPNA) e Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA)

2. Informe sobre las actividades más destacadas de la investigación en el proyecto y resultados obtenidos

Incluir en este apartado

- + Actividades más destacadas por objetivo

Algunos de los objetivos descritos anteriormente son llevados a cabo por UPV, UPNA e INTIA.

En primer lugar se detallan todas las **actividades** llevadas a cabo dentro del proyecto.

1. Objetivo Agroambiental

Mejorar la eficiencia de la fertilización nitrogenada orgánica e inorgánica en trigo mediante la utilización de herramientas de diagnóstico y tratando de minimizar las pérdidas que ocurren a nivel de suelo y planta.

1.1. Aspecto Agronómico

a) Comparar el efecto de la fertilización orgánica respecto a la mineral sobre la producción

Se llevó a cabo un ensayo en el municipio de Iruraiz-Gauna. Este ensayo comprendió las campañas 2009-2010, 2010-2011 y 2011-2012. La variedad sembrada fue 'Cezanne' a 220 kg semilla/ha. Los fertilizantes orgánicos evaluados fueron tres: purín de vacuno, estiércol de ovino compostado mediante una volteadora, y compost mezcla de ovino, equino y gallinaza pelletizado y certificado para agricultura ecológica. A modo de control se utilizaron un tratamiento testigo sin fertilizante y un tratamiento en el que se aplicó fertilizante mineral. En la Tabla 1 se muestran todos los tratamientos llevados a cabo en el ensayo, con los momentos de aplicación, producto aplicado en cada momento y dosis aplicada. En todos los tratamientos la cantidad total de nitrógeno aplicada fue de 170 kg N/ha, por ser la dosis máxima permitida en la zona declarada vulnerable a la contaminación de nitratos en el caso de trigo blando. En el tratamiento en que solamente se aplicó fertilizante mineral se aportaron 25 kg/ha de P₂O₅ y 80 kg/ha de K₂O. En el resto de tratamientos el fósforo y potasio aplicado fue el proveniente del producto orgánico, pero en todos los casos fue similar o superior a las dosis aplicadas con el tratamiento mineral. Se repitieron los mismos tipos y cantidades de fertilizantes tanto orgánicos como minerales en cada parcela las tres campañas. En la segunda campaña (2010-2011) la parcela principal se subdividió, no aplicándose ningún tipo de fertilizante en una subparcela para ver el posible efecto del fertilizante orgánico aplicado el año precedente. El tercer año se volvió a fertilizar por igual las dos subparcelas, pero se cosecharon por separado las mismas para comparar la producción obtenida entre la subparcela que ha recibido aporte de orgánicos los tres años y la que lo ha recibido sólo el primer y tercer año.

Tabla 1. Tipo de fertilizante, cantidad de nitrógeno y momento de aplicación en el ensayo de Iruraiz-Gauna.

Tratamientos	Fondo		Inicio Ahijado		Inicio Encañado	
	N (kg/ha)	Fertilizante (t o m ³ /ha) *	N (kg/ha)	Fertilizante (t o m ³ /ha)	N (kg/ha)	Fertilizante (t o m ³ /ha)
Testigo	0	-	0	-	0	-
Compost (60+110)	60	Compost Peletizado (1,5)	110	Compost Peletizado (3,5)	-	-
Purín (60+60+50)	60	Purín (24)	60	Purín (24)	50	Purín (20)
Purín (60+110)	60	Purín (24)	110	Purín (30)	-	-
Compost+ NA (40C+60NA+70NA)	40	Compost (4)	60	Nitrato amónico	70	Nitrato amónico
NA (0+60+110)	0	-	60	Nitrato amónico	110	Nitrato amónico

* Cantidades medias, la cantidad real aplicada ha variado en cada campaña en función de la analítica de cada fertilizante orgánico aplicado.

Antes de la cosecha se procedió a coger muestras para la determinación de los componentes de rendimiento (número de espigas por metro cuadrado, el número de granos por espiga y el peso de 1000 granos) de los diferentes tratamientos. En la cosecha se determinaron el rendimiento (kg grano/ha) y se tomaron submuestras para la determinación de la proteína del grano.

b) Puesta a punto de estrategias y herramientas que mejoren la eficiencia del fertilizante bajo criterios de producción

En el ensayo llevado a cabo en Iruraiz-Gauna descrito en el apartado a) se realizaron lecturas con el medidor de clorofila Yara N-Tester® en estado inicio de encañado (GS30), aparición del segundo nudo (GS32), en hoja bandera (GS37), en emergencia de la inflorescencia (GS50) y en floración (GS65).

Por otra parte, se llevaron a cabo distintas pruebas con 17 suelos procedentes de parcelas en las cuales se han llevado a cabo ensayos de fertilización nitrogenada en el pasado. En primer lugar se realizó la determinación de N potencialmente mineralizable basada en la incubación aerobia que es la técnica oficial que normalmente se usa como referencia. Sin embargo es una técnica que requiere mucho tiempo (aproximadamente 30 semanas) y su realización es muy laboriosa. Posteriormente, se llevaron a cabo distintas técnicas de extracción con diferentes

extractantes, temperaturas de secado de la muestra y temperatura de extracción, y en dichas extracciones se analizaron nitrato y amonio (Tabla 2). El objetivo era relacionar los resultados obtenidos a partir de las extracciones con los de la incubación aerobia. Además, en los ensayos citados anteriormente se contaba con los valores de N_{min} en suelo antes de la siembra, en el momento del inicio de ahijado, y después de cosecha, y también con la extracción de N por parte del cultivo. Con todos estos datos se realizó el balance para estimar la mineralización ocurrida en las parcelas testigo de cada ensayo. Finalmente y para evitar la influencia de la campaña sobre la mineralización, se llevó a cabo un ensayo en invernadero con los 17 suelos, en el cual se determinó el verdadero potencial de mineralización de los suelos a partir de la capacidad de extracción de N del cultivo implantado que fue trigo. A partir de los datos obtenidos en estas experiencias se evaluó la relación entre las distintas formas de medir el potencial de mineralización de N de los suelos (extracciones e incubación aerobia) con la verdadera capacidad de mineralización de los suelos obtenida a partir de los 17 ensayos y del ensayo en invernadero con los 17 suelos.

Tabla 2. Técnicas de extracción de nitrato y amonio con diferentes extractantes, temperaturas de secado de la muestra y temperatura de extracción.

Técnica	Breve descripción
CaCl ₂ N-NO ₃	N-NO ₃ ⁻ . Extracción con Cl ₂ Ca. Muestra seca al aire.
CaCl ₂ N-NH ₄	N-NH ₄ ⁺ . Extracción con Cl ₂ Ca. Muestra seca al aire
CaCl ₂ N-min	N-NO ₃ ⁻ +N-NH ₄ ⁺ . Extracción con Cl ₂ Ca. Muestra seca al aire
CaCl ₂ 40 N-NO ₃	N-NO ₃ ⁻ . Extracción con Cl ₂ Ca. Muestra secada a 40 °C
CaCl ₂ 40 N-NH ₄	N-NH ₄ ⁺ . Extracción con Cl ₂ Ca. Muestra secada a 40 °C
CaCl ₂ 40 N-min	N-NO ₃ ⁻ +N-NH ₄ ⁺ . Extracción con Cl ₂ Ca. Muestra secada a 40 °C
CaCl ₂ 105 N-NO ₃	N-NO ₃ ⁻ . Extracción con Cl ₂ Ca. Muestra secada a 105 °C
CaCl ₂ 105 N-NH ₄	N-NH ₄ ⁺ . Extracción con Cl ₂ Ca. Muestra secada a 105 °C
CaCl ₂ 105 N-min	N-NO ₃ ⁻ +N-NH ₄ ⁺ . Extracción con Cl ₂ Ca. Muestra secada a 105 °C
MI-CaCl ₂ I	CaCl ₂ 105° C N-NH ₄ - CaCl ₂ 40 N-NH ₄
MI-CaCl ₂ II	CaCl ₂ 105°C N-NH ₄ - CaCl ₂ N-NH ₄
KCl N-NO ₃	N-NO ₃ ⁻ . Extracción con ClK. Muestra secada al aire
KCl N-NH ₄	N-NH ₄ ⁺ . Extracción con ClK. Muestra secada al aire
KCl N _{min}	N-NO ₃ ⁻ +N-NH ₄ ⁺ . Extracción con ClK. Muestra secada al aire
HotKCl	N-NH ₄ ⁺ . Extracción con ClK. Muestra secada al aire. Extracción realizada a 100 °C
MI-HotKCl	N-NH ₄ ⁺ . HotKCl- KCl N-NH ₄
260ABS	Extracción con NaHCO ₃ . Absorbancia a 260 nm
205ABS	Extracción con NaHCO ₃ . Absorbancia a 205 nm

c) Estudiar la mineralización de N a lo largo del cultivo bajo fertilización orgánica y mineral

La adición de cal a los lodos procedentes de la depuración de las aguas residuales urbanas es uno de los métodos más eficaces para higienizar este tipo de residuos, ya que genera una reacción exotérmica que eleva el pH hasta 12. Bajo estas condiciones, la cal contribuye a higienizar el lodo EDAR de los patógenos que lo acompañan. Para evaluar la influencia sobre la mineralización del N que tiene la aplicación de dichos lodos y su efecto sobre suelos calizos que son mayoritarios en los cultivos de Alava se planteó un ensayo de invernadero. Cabe destacar que se analizaron más parámetros como P, K y metales pesados en la solución del suelo, pero no se presentan en este informe al no ser parte de los objetivos propuestos. Así, se recogieron lodos tratados por digestión anaerobia en una planta depuradora de aguas residuales del País Vasco. El lodo se homogeneizó y se dividió en dos partes: una parte se mantuvo sin adición de cal y la otra se mezcló con cal viva (CaO) al 6%. Se llevó a cabo un experimento en invernadero,

con tres repeticiones por tratamiento, en el que un suelo alcalino (pH 8,27), representante del área de estudio, se mezcló con tres dosis de cada tipo de lodo (2, 4, 80 t ha⁻¹). Hubo también un tratamiento control (C) sin lodo ni cal. Aunque la dosis de 80 t ha⁻¹ no es recomendable como una estrategia de fertilización, fue seleccionada en este ensayo con el objetivo de observar mejor el efecto del lodo cuando se aplica al suelo. Las plantas de trigo (*Triticum aestivum* cv. Soisson), fueron germinadas en una cámara de cultivo para inducir la vernalización y se trasplantaron a las macetas y se mantuvieron durante un ciclo de cultivo completo. Se añadió agua con regularidad para mantener la humedad del suelo a capacidad de campo. La lixiviación se evitó mediante la colocación del suelo en una bolsa de plástico dentro de los tiestos. Las muestras de la solución de suelo fueron tomadas cada semana (desde la siembra, el 22 de marzo 2012 hasta la cosecha, el 18 de septiembre de 2012) utilizando Flex Rhizon-samplers MOM® y se determinó la evolución del NO₃⁻, NH₄⁺ y Ca, así como el DOC y el pH. La primera muestra (29 de marzo de 2012) fue eliminada porque se consideró que podría estar influenciada por la manipulación del suelo.

1.2. Aspecto ambiental

e) Cálculo del balance de N

Para la obtención de los datos necesarios para cumplir este objetivo, se aprovecharon los datos de un ensayo de colza llevado a cabo en 2007 en el marco de un proyecto INIA anterior. La toma de muestras y análisis de las mismas se llevó a cabo desde la cosecha del cultivo de trigo anterior (23 de agosto de 2006), a lo largo del ciclo de cultivo de la colza hasta el 4 de octubre de 2007 que es cuando se realizó el laboreo del suelo previo a la siembra del cultivo siguiente. La colza de invierno (var. Standing) se sembró el 19 de septiembre de 2006 cerca de la ciudad de Vitoria (42° 49'N; 2° 30'W). El clima es mediterráneo húmedo con una temperatura media anual de 11,5°C y una precipitación total de 779 mm. Durante el cultivo de colza se aplicaron dos tratamientos de nitrógeno: testigo sin fertilizar (0N) y 180 kg N ha⁻¹ (180N) aplicados en dos momentos: 60 kg N ha⁻¹ al comienzo de encañado y 120 kg N ha⁻¹ al aparecer la inflorescencia. La colza se cosechó el 18 de julio de 2007. El balance de nitrógeno se calculó como la diferencia entre las salidas y entradas de nitrógeno. Las salidas de nitrógeno corresponden a: N absorbido por las plantas, N lixiviado, N emitido y N min (medido cada 15 días o cuando la precipitación superaba los 20-30 mm). Las entradas de nitrógeno corresponden a la deposición atmosférica, el N aplicado, el Nmin al comienzo de cada periodo y el N contenido en las semillas en el momento de la siembra. El balance medio de nitrógeno se calculó mediante la suma de los balances quincenales. En esos muestreos en los que se midió el N lixiviado, N emitido y Nmin, se tomaron muestras para medir la humedad del suelo y se obtuvo el porcentaje de poros del suelo ocupados con agua (PPFW), mediante la ecuación [1].

$$PPFW = \frac{H * BD}{1 - (BD - 2.65)}$$

Donde, H es la humedad del suelo (%) y BD es la densidad aparente (g cm⁻³) sin piedras. [1]

Seguidamente se detallan los resultados más relevantes alcanzados con el proyecto, y se han clasificado según los objetivos detallados en la solicitud del proyecto.

Objetivo Agroambiental

1.1. Aspecto Agronómico

a) Comparar el efecto de la fertilización orgánica respecto a la mineral sobre la producción

Producción

Los valores de producción de grano de las tres campañas se muestran en la Tabla 3, produciendo el testigo sin fertilizar entre un 25 y un 30 % menos respecto al tratamiento con 170 kg de N/ha.

- Campaña 2009-2010

Durante la primera campaña los tratamientos en que solamente se aplicaron fertilizantes orgánicos, bien purín o compost, aumentaron la producción significativamente frente al testigo sin fertilizar, produciendo alrededor de 1.000 kg/ha más de grano (Tabla 3). Cuando se aplicó compost en fondo y 130 kg/ha de N en forma de fertilizante mineral en cobertera la producción aumenta hasta 6.731 kg/ha, producción que fue superior a la de los tratamientos con fertilizante únicamente orgánico. Esta producción fue inferior al tratamiento que recibió 170 kg N/ha en forma mineral (7.943 kg/ha).

- Campaña 2010-2011

En la segunda campaña el tratamiento con todo el nitrógeno aplicado en forma de compost produjo más que el testigo y su producción fue estadísticamente igual al tratamiento que recibió purín en fondo y dos coberteras, (Purín (60+60+50)), pero inferior al que recibió purín en fondo y una única cobertera en inicio de ahijado, (Purín (60+110+0)). Los tratamientos con coberteras de nitrógeno mineral, tanto si se aplicaban 130 kg como 170 kg N/ha, produjeron mayores rendimientos que los tratamientos que solo llevaban fertilizante orgánico, llegando a superar los 7.000 kg/ha (Tabla 3).

- Campaña 2011-2012

Durante la última campaña se obtuvieron elevadas producciones. La producción obtenida con los fertilizantes orgánicos aumentó, especialmente en el caso del purín aplicado en dos aportes, siembra y ahijado, (6.222 kg/ha), que prácticamente duplicó la producción obtenida con el mismo tratamiento el 2009 y produjo 2.000 kg/ha más que en 2011. El resto de fertilizantes orgánicos también produjo más que en las campañas anteriores. El tratamiento que sólo lleva fertilizante mineral y el de compost en fondo más dos coberteras de nitrógeno mineral fueron los más productivos (Tabla 3) al igual que en años anteriores.

Tabla 3. Valores de producción (kg grano/ha) según la dosis y tipo de fertilizante aplicado.

Tratamiento	Campaña 2009-2010	Campaña 2010-2011	Campaña 2011-2012
Testigo	2.045 D	2.168 D	2.493 D
Compost (60+110)	2.958 C	3.362 C	4.374 C
Purín (60+60+50)	3.267 C	3.754 BC	5.085 BC
Purín (60+110+0)	3.211 C	4.294 B	6.222 B
Compost+NA (40C+60NA+70NA)	6.731 B	6.672 A	7.904 A
NA (0+60+110)	7.943 A	7.312 A	8.472 A
Prob.	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Las medias seguidas de la misma letra dentro de la misma columna no son significativamente diferentes. Prob., grado de significación; ***Prob.<.001, altamente significativo; **Prob.<.01, muy significativo; *Prob.<.05, significativo; ns, no significativo.

Componentes de rendimiento

El número de granos/m² es el factor más influyente sobre la producción, puesto que el peso de 1.000 granos es inferior en los tratamientos más productivos. El número de granos/m² se calcula multiplicando el nº de espigas/m² por el nº de granos/espiga. La influencia del número de espigas/m² en la producción es clara y la correlación es buena las tres campañas (Figura 1), siendo 450 espigas/m² un número que garantiza producciones elevada del orden de 7.000kg/ha. Aunque el número de espigas/m² de los tratamientos orgánicos aumenta a lo largo de las campañas no llegan a alcanzar este valor, lo cual penaliza su producción.

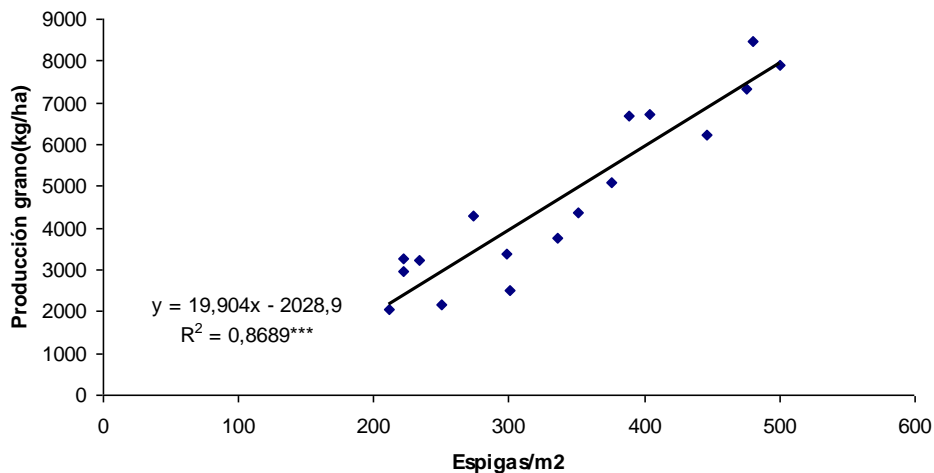


Figura 1. Correlación entre el número de espigas/m² y la producción para las tres campañas. ***Prob.<.001, altamente significativo.

Proteína

Los valores de proteína obtenidos (Tabla 4) cuando se han aplicado únicamente fertilizantes orgánicos son bajos en las tres campañas, estando en general por debajo del 8% y siendo iguales estadísticamente a los valores obtenidos por el testigo sin fertilizar. El tratamiento que recibe un aporte de compost en fondo y coberteras minerales en forma de nitrato amónico, presenta valores entre 9 y 9,5 en las distintas campañas, siempre inferiores al tratamiento que ha recibido 170 kg de N/ha en forma de nitrato amónico, con valores del 11% de proteína.

Tabla 4. Valores de proteína (%) según la dosis y tipo de fertilizante aplicado.

Tratamiento	Campaña 2009-2010	Campaña 2010-2011	Campaña 2011-2012
Testigo	7,99 CD	7,75 C	7,70 C
Compost (60+110)	8,43 BC	7,55 C	7,41 C
Purín (60+60+50)	7,85 CD	7,68 C	7,53 C
Purín (60+110+0)	7,60 D	7,53 C	7,78 C
40 Compost+60NA+70NA	8,87 B	9,56 B	9,14 B
NA (0+60+110)	11,12 A	1,65 A	11,31 A
Prob.	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Las medias seguidas de la misma letra dentro de la misma columna no son significativamente diferentes. Prob., grado de significación; ***Prob.<.001, altamente significativo; **Prob.<.01, muy significativo; *Prob.<.05, significativo; ns, no significativo.

Los resultados de este ensayo indican:

- Los fertilizantes orgánicos permiten el ahorro de los fertilizantes fosfo-potásicos pero para alcanzar una producción y contenido de proteína óptimos es necesario complementar la dosis empleada de 170 kg nitrógeno total /ha con nitrógeno mineral.
- La aplicación repetida de fertilizantes orgánicos aumenta la producción al mejorar la eficiencia del nitrógeno presente en los mismos.
- El fraccionamiento del purín en dos coberteras no mejora la producción frente a una única cobertera.
- Incluso con la aplicación repetida de fertilizantes orgánicos el contenido en proteína en grano es bajo.

b) Puesta a punto de estrategias y herramientas que mejoren la eficiencia del fertilizante bajo criterios de producción

Utilización medidor de clorofila Yara N-Tester® como herramienta de diagnóstico nutricional

La lectura de N-tester en estado dos nudos (GS32, Figura 2) muestra valores inferiores a 600 para los tratamientos con fertilización únicamente orgánica. Estos valores de N-tester inferiores a 600 indican menos de 450 espigas/m², siendo este el valor necesario para alcanzar los 7.000 kg/ha. Está documentado que la carencia de nitrógeno en los estados temprano de la planta, hasta dos nudos (GS32) afecta sobre todo al número de espigas/m². A pesar de que todos los tratamientos recibieron la misma dosis de nitrógeno total, el nitrógeno orgánico presente en el purín y el compost, que no está disponible a lo largo de la campaña para el cultivo, hace que se presenten carencias de nitrógeno desde estadios tempranos del cultivo, que es lo que muestra la lectura de N-tester.

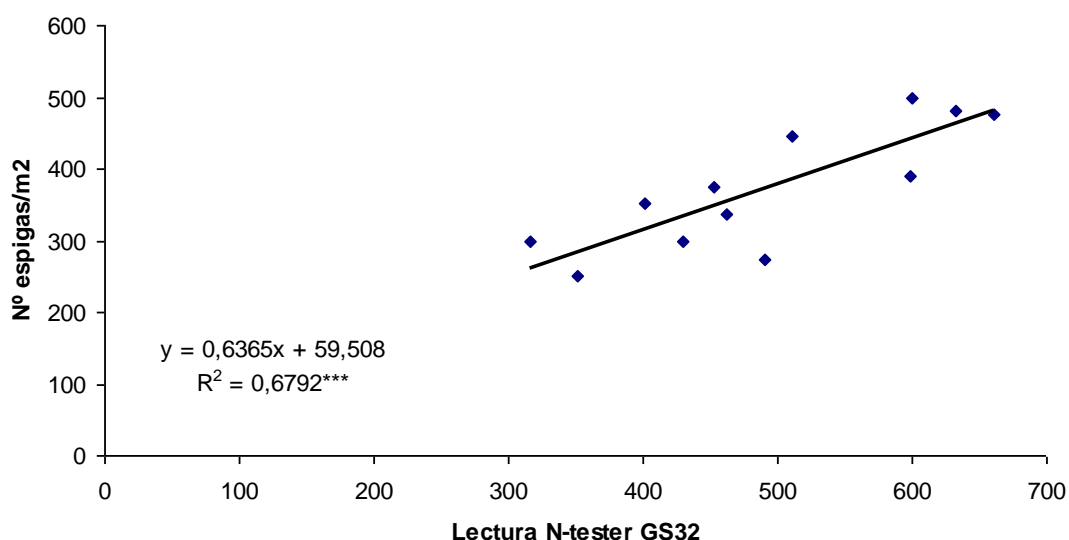


Figura 2. Correlación entre el número de espigas/m² y la lectura de N-tester en GS32 (dos nudos) en el ensayo de Gauna a partir de los datos de los años 2011 y 2012.

Utilización medidor de clorofila Yara N-Tester® como herramienta para predecir la producción

Las condiciones de este ensayo, con una alta variabilidad productiva entre los diferentes tratamientos permitieron que tanto en el estado fenológico de dos nudos (GS32) como en hoja bandera (GS37), el medidor de clorofila N-tester fuera capaz de predecir la producción con un alto grado de ajuste (Figura 3). La correlación obtenida incluyendo los datos de las tres

campañas ensayadas, predijo producciones de 7.000 kg/ha para lecturas de N-tester de 600 en ambos estados fenológicos, y producciones de 5.300 kg/ha para lecturas de 500.

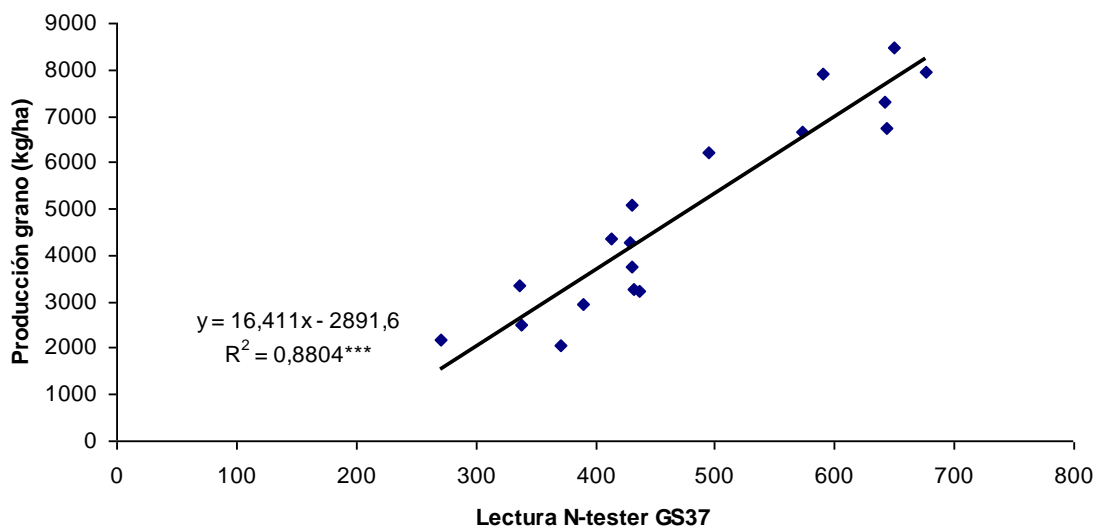
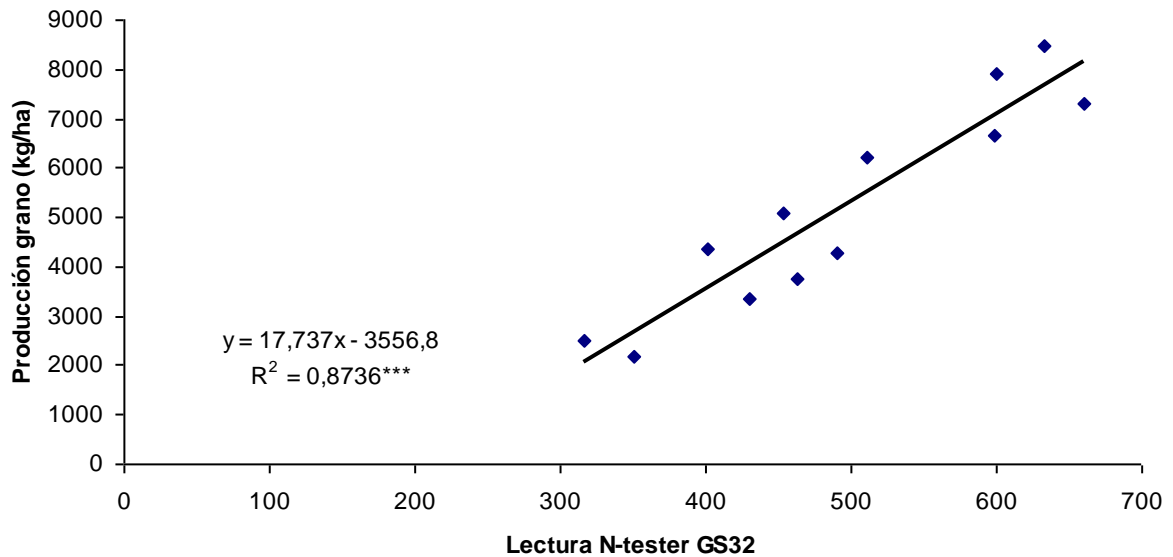


Figura 3. Correlación entre la producción de grano y la lectura del medidor de clorofila N-tester en dos nudos (GS32) y en hoja bandera (GS37) para las tres campañas estudiadas en el ensayo de Gauna. ***Prob.<.001, altamente significativo.

Si se obtienen lecturas inferiores a 600 en el estado de dos nudos (GS32), ensayos realizados en Francia demuestran que es posible aumentar la producción realizando un aporte de nitrógeno.

La buena correlación existente entre el porcentaje de proteína en grano y la lectura de N-tester en el estado fenológico de hoja bandera (Figura 4) permiten predecir el contenido en proteína en la cosecha. Para la proteína, lecturas del N-tester de 600 indican grano con una proteína del 9%, siendo necesarias lecturas de 700 para contenidos en proteína superiores al 10,5%. En este estado fenológico (GS37) un aporte de 40 kg de nitrógeno/ha permite aumentar el contenido en proteína.

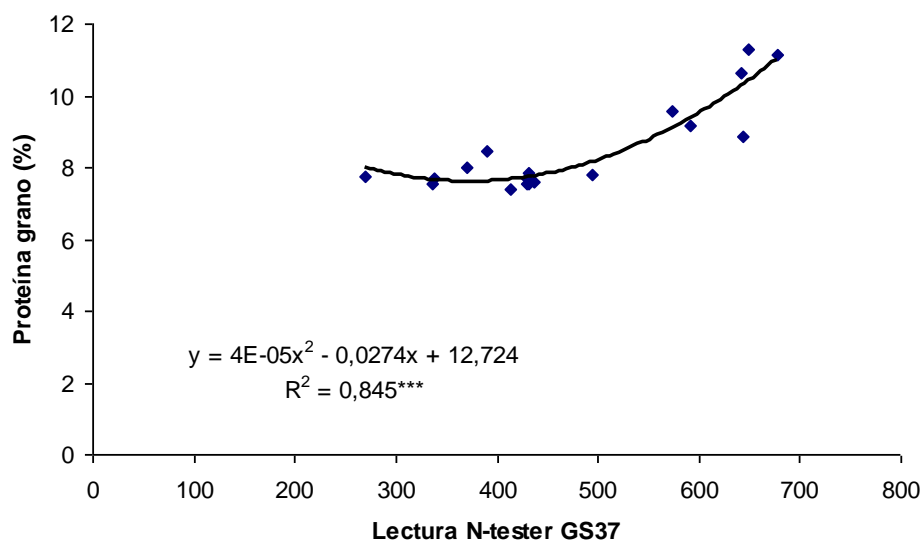


Figura 4. Correlación entre la proteína del grano y la lectura de N-tester en hoja bandera para las tres campañas. ***Prob.<.001, altamente significativo.

Los resultados de este ensayo indican:

- El medidor de clorofila Yara N-Tester® es una herramienta útil para predecir la producción y contenido en proteína de grano.
- El medidor de clorofila Yara N-Tester® constituye una buena herramienta de diagnóstico nutricional nitrogenado en estadios tempranos del cultivo, cuando aún es posible corregir deficiencias mediante otro aporte nitrogenado.

Análisis de suelo para establecer el potencial de mineralización del suelo

Dentro de las diversas técnicas de extracción de suelo evaluadas (Tabla 2) la lectura de amonio en la extracción con KCl a 100 °C menos el amonio extraído con KCl fue el que mostró la relación más estrecha con el N potencialmente mineralizable (N₀) obtenido mediante la técnica de la incubación aerobia (Tabla 5). Además se detectó que ni las pruebas basadas en extracciones que son más sencillas y baratas de determinar, ni la incubación aerobia mostraron relación alguna con la mineralización real ocurrida en un ciclo de cultivo de trigo obtenido a partir del ensayo de invernadero, ni tampoco con la mineralización estimada a partir de los ensayos de campo (Tabla 6).

Tabla 5. Coeficientes de correlación de Pearson entre las técnicas de extracción con métodos químicos y la incubación aerobia.

	Técnica de la incubación aerobia			
	N2wks	N30wks	No	k
CaCl ₂ N-NH ₄	0,714	0,090	0,282	-0,263
CaCl ₂ 40 N-NH ₄	0,638	-0,067	0,149	-0,329
CaCl ₂ 105 N-NH ₄	0,697	0,207	0,382	-0,439
MI-CaCl ₂ I	0,202	0,418	0,405	-0,253
MI-CaCl ₂ II	0,375	0,212	0,299	-0,391
KCl N-NH ₄	0,583	-0,173	0,015	-0,210
Hot KCl	0,684	0,229	0,333	-0,485
MI:HotKCl	0,380	0,635	0,561	-0,560
Abs 260	-0,101	0,231	0,176	-0,180
Abs 205	0,540	0,273	0,374	-0,356

Celdas sombreadas indican correlación significativa ($p < 0,05$). **N2wks**: N mineralizado en las primeras 2 semanas; **N30wks**: N acumulado tras 30 semanas de incubación; **No**: N potencialmente mineralizable; **k**: tasa de mineralización.

Tabla 6. Coeficientes de correlación de Pearson entre la incubación aerobia, el experimento de invernadero y el experimento de campo.

	Ensayo de invernadero		Ensayos de campo	
	Nup-Pot	MI- Pot	Nup-Field	MI-Field
N2wks	0,334	0,123	-0,125	0,119
N30wks	0,297	0,230	0,118	0,254
No	0,221	0,151	0,079	0,078
k	-0,312	-0,311	0,267	0,340
CaCl ₂ N-NH ₄	0,374	0,168	-0,035	-0,090
CaCl ₂ 40 N-NH ₄	0,380	0,211	-0,115	-0,268
CaCl ₂ 105 N-NH ₄	0,116	-0,119	-0,129	0,060
MI-CaCl ₂ I	-0,258	-0,393	-0,015	0,450
MI-CaCl ₂ II	-0,127	-0,275	-0,141	0,151
KCl N-NH ₄	0,176	0,045	-0,050	-0,227
HotKCl	0,179	0,024	-0,002	-0,082
MI:HotKCl	0,074	-0,018	0,065	0,171
Abs 260	0,046	-0,048	0,072	0,282
Abs 205	0,293	0,048	-0,027	-0,156

Celdas sombreadas indican correlación significativa ($p < 0,05$). **N2wks**: N mineralizado en las primeras 2 semanas; **N30wks**: N acumulado tras 30 semanas de incubación; **No**: N potencialmente mineralizable; **k**: tasa de mineralización; **Nmin-Pot I**, **Nmin-Pot H**: Nmin al comienzo del experimento de invernadero y en cosecha; **Nup-Pot**: N absorbido por el trigo en el experimento de invernadero; **MI-Pot**: balance de N en el experimento de invernadero; **Nmin-Field I**, **Nmin-Field H**: Nmin antes de la siembra y en cosecha en el experimento de campo (0-60 cm); **Nup-Field**: N absorbido por la planta en cosecha en el experimento de campo; **MI-Field**: balance de N en el experimento de campo.

c) Estudiar la mineralización de N a lo largo del cultivo bajo fertilización orgánica y mineral

Efecto de los aportes orgánicos en años precedentes

La Figura 5 muestra la producción de las subparcelas no fertilizadas en la campaña 2011 pero que habían recibido 170 kg de N/ha en forma de fertilizante orgánico en la campaña anterior. Se observan diferencias significativas entre los distintos tratamientos, obteniéndose la mayor producción para el tratamiento que fue fertilizado un año antes con purín en fondo y una cobertera en inicio de ahijado (3.026 kg/ha), frente a los 2.056 kg/ha obtenidos en la parcela testigo sin fertilizar en los dos años. Esta diferencia supone una extracción de 41 kg N/ha por parte de la parte aérea del cultivo de trigo cuando el año anterior recibió un aporte de purín en dos coberteras frente a los 28 kg N/ha del tratamiento testigo.

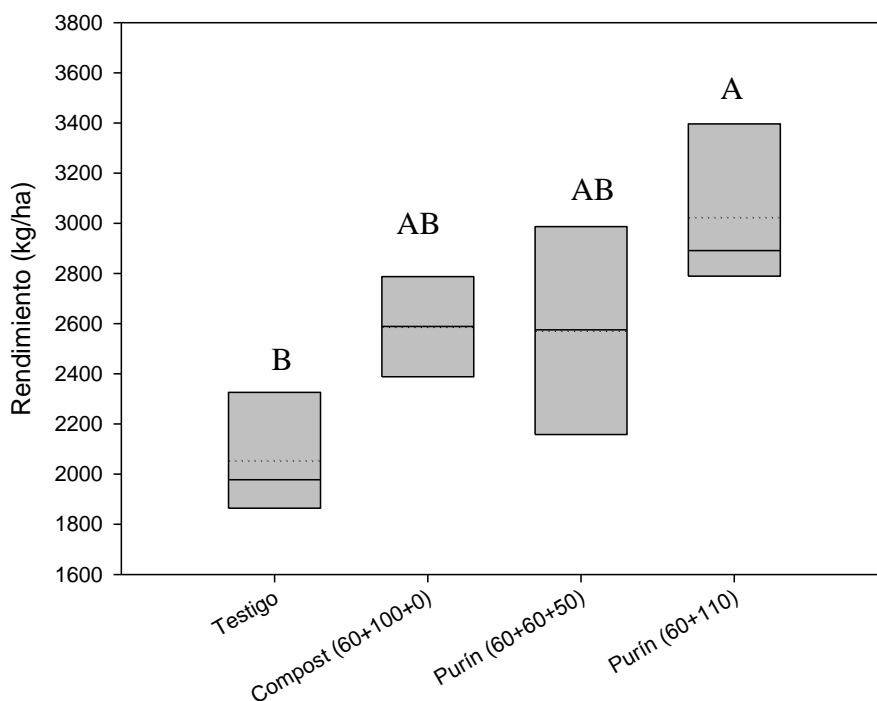


Figura 5. Rendimiento (kg grano/ha) en la campaña 2010-2011 de las parcelas no fertilizadas durante esa campaña en función del aporte que recibieron en la campaña 2009-2010. Las medias seguidas de la misma letra dentro de la misma columna no son significativamente diferentes. La línea continua dentro de las cajas representa la mediana, la línea discontinua representa la media aritmética, y los extremos de la caja son los valores mínimo y máximo de la población de la que se extrae la media.

La Figura 6 muestra los contrastes realizados para comparar la producción de grano obtenida entre las parcelas que han recibido 170 kg de N en forma orgánica los tres años de ensayo frente a los que han recibido 170 kg N en forma orgánica dos campañas, no fertilizándose en la campaña 2010-2011. En dicha figura 4 se observa que en los tres casos (Compost (60+110+0), Purín (60+60+50) y Purín (60+110+0)) la producción obtenida cuando se fertilizó con orgánicos tres años consecutivos fue superior a la obtenida fertilizando solamente en dos campañas.

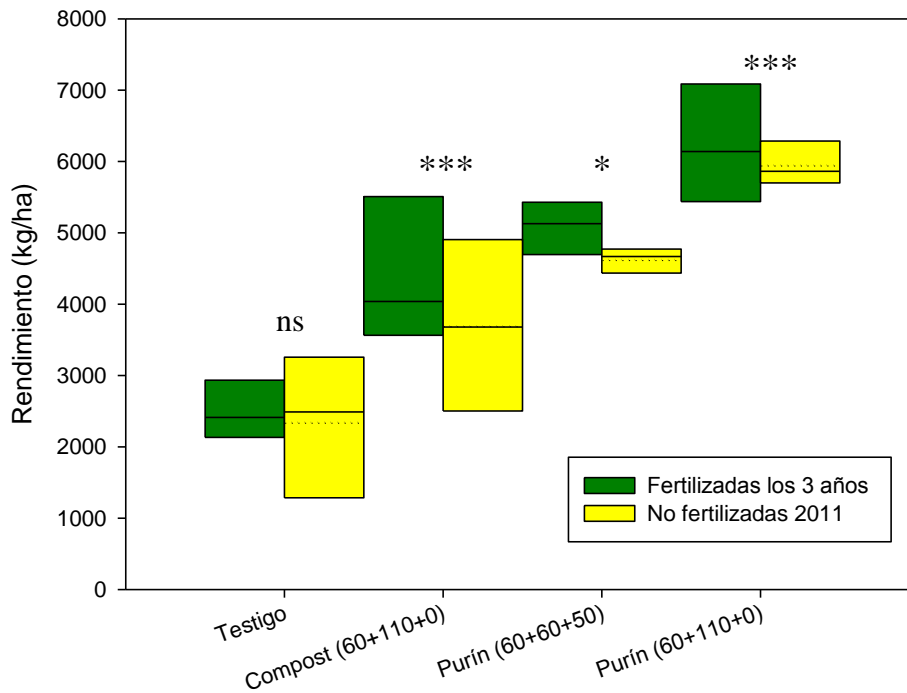


Figura 6. Rendimiento (kg grano/ha) en la tercera campaña (2011-2012) comparando las parcelas no fertilizadas durante la campaña 2010-2011 frente a las parcelas que han recibido aporte de orgánico en las tres campañas. Se han llevado a cabo contrastes estadísticos comparando las medias dos a dos. Grado de significación; ***Prob.<.001, altamente significativo; **Prob.<.01, muy significativo; *Prob.<.1, significativo; ns, no significativo. La línea continua dentro de las cajas representa la mediana, la línea discontinua representa la media aritmética, y los extremos de la caja son los valores mínimo y máximo de la población de la que se extrae la media.

Dinámica de la mineralización al aplicar lodo higienizado con cal a un suelo de tipo mediterráneo

La mineralización media más alta ocurrió en la dosis de 80 t /ha con cal. La concentración de nitratos (Figura 7 a) en la solución del suelo se incrementó de la primera a la segunda semana (en 40 y 80 t/ha), lo que refleja la mineralización de la materia orgánica. Desde el ahijado (segunda semana) hasta el inicio de encañado, hubo una disminución progresiva en NO₃⁻. Esta disminución podría estar relacionada con la absorción de N por la planta. Sin embargo, suponiendo que en el ahijamiento se absorbe un 30-40% del contenido total de nitrógeno en cosecha (datos no presentados), las plantas sólo habrían absorbido la mitad del N que se perdió durante ese período calculando la diferencia de concentración de nitrato. Por ello, el factor que estaría provocando esa disminución tan brusca de N, sería la inmovilización de N, debido a la reducción de la materia orgánica lábil. El único tratamiento que no mostró este patrón fue la dosis de 80 t/ha con 6% CaO, cuya mineralización fue mayor y mantuvo la concentración de NO₃⁻ alta durante más tiempo. Después del inicio de encañado, la concentración de NO₃⁻ se redujo a casi 0 mg/L. Esta baja concentración está probablemente relacionada con la absorción de nutrientes por las plantas, que es alta desde el inicio de encañado hasta la floración. A partir de la floración hasta la cosecha, las plantas absorben menos N del suelo. En este período, se produjo un pequeño incremento del NO₃⁻ de la solución del suelo, en el tratamiento de 80 t ha⁻¹,

que pasó de aproximadamente 0 mg/L a 20-40 mg/L en el tratamiento sin cal y con cal respectivamente.

Prácticamente no se encontraron diferencias entre el lodo con cal y sin cal en la concentración de amonio (Figura 7b). La concentración de amonio fue alta sólo durante la primera semana, y fue mayor en la dosis de 80 t/ha, tanto en los tratamientos con cal, como sin cal. Después, la concentración de NH_4 se redujo a valores cercanos a 0 mg/L, porque de amonio se transforma en nitrato (Figura 7a) debido al proceso de nitrificación.

Estos resultados están de acuerdo con otros estudios, en los que la adición de cal parece estimular la mineralización de N de los biosólidos cuando se añaden al suelo.

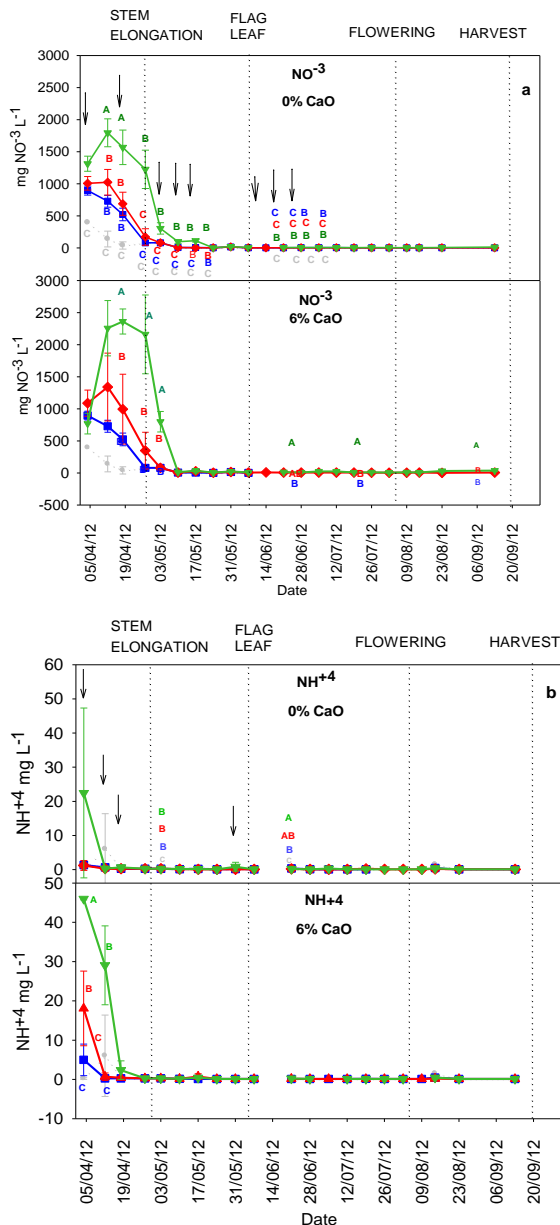


Figura 7. a) Concentración de NO_3^- (mg L⁻¹) y b) concentración de NH_4^+ (mg L⁻¹) de las tres dosis de lodo: : 20 t ha⁻¹ (■); 40 t ha⁻¹ (▲); 80 t ha⁻¹ (▼), sin cal y con 6% de cal y control (■) en la solución del suelo. Letras diferentes indican diferencias entre las dosis. Las flechas indican la fecha en que se encontraron diferencias entre los tratamientos con cal y sin cal. Media ± desviación estándar.

En cuanto al carbono orgánico disuelto (COD), hubo diferencias estadísticamente significativas entre las dosis de lodo durante las primeras 3-4 semanas en los tratamientos con cal (Figura 8),

siendo la concentración de COD mayor en la dosis de 80 t/ha. La concentración de COD fue mayor en los tratamientos de lodo con cal en la primera semana del ensayo, seguido de una disminución progresiva hasta que la octava semana, siendo más evidente en los tratamientos con adición de cal. Después, la concentración de COD fue constante durante el resto del experimento, con la excepción de unos picos ocasionales, que coincidieron con períodos de alta temperatura (datos no mostrados), lo que podría estar indicando mineralización de la materia orgánica.

El carbono orgánico disuelto consiste en una amplia gama de compuestos de bajo peso molecular, que se derivan de la descomposición de materia orgánica. Como las plantas no absorben C por las raíces, un pico en la concentración de COD indica mineralización, que no se ve en el caso del N, porque el cultivo lo absorbe rápidamente.

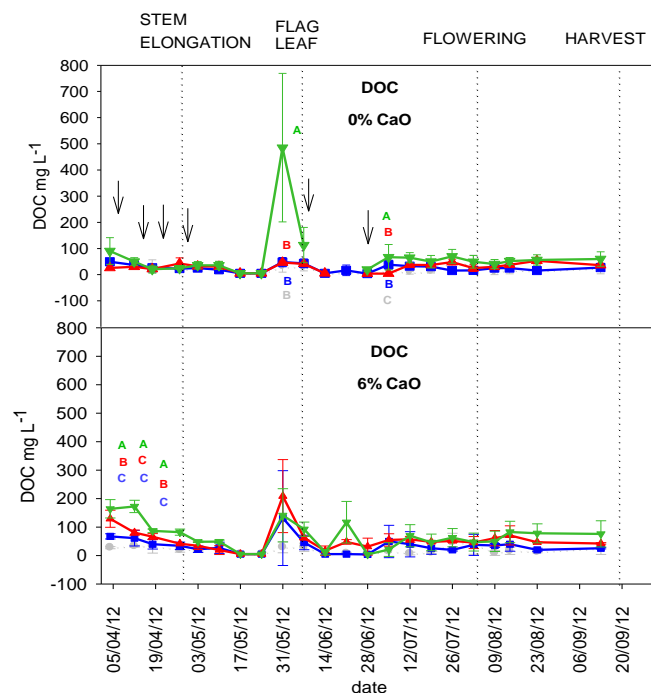


Figura 8. Concentración de DOC (mg L^{-1}) de las tres dosis de lodo: 20 t ha^{-1} (■); 40 t ha^{-1} (▲); 80 t ha^{-1} (▼), sin cal y con 6% de cal y control (■) en la solución del suelo. Letras diferentes indican diferencias entre las dosis. Las flechas indican la fecha en que se encontraron diferencias entre los tratamientos con cal y sin cal. Media \pm desviación estándar.

Se observaron diferencias significativas en la concentración de Ca entre las dosis de lodo durante todo el período de estudio. La dosis de 80 t/ha dio las mayores concentraciones de Ca, con unos valores en las primeras semanas que casi duplicaron las de la dosis de 20 y 40 t/ha . El control mostró la menor concentración de Ca. Casi no hubo diferencias significativas entre el lodo tratado con cal y sin tratar. El calcio aumentó en las dos primeras semanas, al igual que la concentración de NO_3^- , debido a la mineralización de la materia orgánica lábil. Por otro lado, la reducción más pronunciada de Ca coincidió con la misma caída de NO_3^- y DOC. Durante todo el ciclo de cultivo el Ca mostró los mismos picos que el COD, lo que indica un proceso de mineralización, aunque nunca llegó a las concentraciones iniciales de Ca. El calcio añadido con la cal podría estar sustituyendo a otros cationes en el complejo de intercambio catiónico y por lo tanto no apareció en la solución. Por otra parte, el exceso de Ca también puede precipitar en forma de carbonato de calcio o fosfato de calcio.

Durante el periodo de muestreo los valores de pH se mantuvieron entre 7 y 8, sin influencia de la dosis de lodo. Tampoco se registraron cambios en el pH en los suelos en que se aplicaron lodos tratados con cal respecto a aquellos en que el lodo se aplicaba solo. Se sabe que cuando el pH está entre 7,5 y 8,2-8,5, el pH está relacionado con la solubilidad del CO_2 y que los carbonatos en disolución son la principal causa de la alcalinidad del suelo. Los suelos alcalinos tienen

CaCO₃, el cual pasa a la solución produciendo iones OH⁻, que son responsables del incremento de pH, debido a la reacción siguiente:



Se considera que a un pH de 8,2-8,5 el CO₂ en la solución del suelo está en equilibrio con el CO₂ en la atmósfera, por lo que por encima de ese pH la adición de CaCO₃ no contribuye a elevar el pH en la solución del suelo.

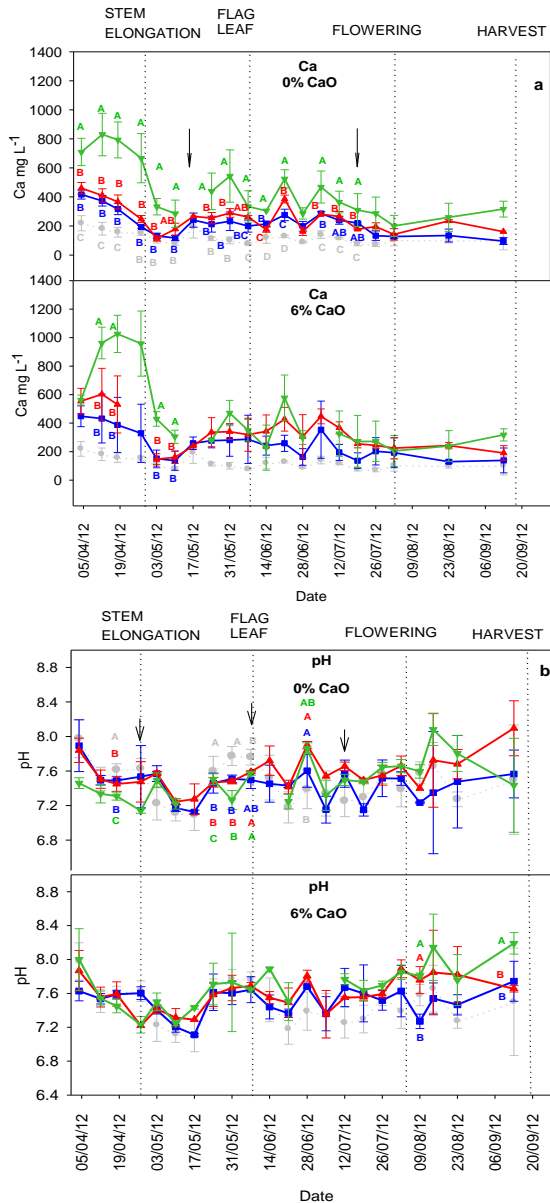


Figura 9. a) Concentración de Ca (mg L⁻¹) y b) pH de las tres dosis de lodo: 20 t ha⁻¹ (■); 40 t ha⁻¹ (▲); 80 t ha⁻¹ (▼), sin cal y con 6% de cal y control (■) en la solución del suelo. Letras diferentes indican diferencias entre las dosis. Las flechas indican la fecha en que se encontraron diferencias entre los tratamientos con cal y sin cal. Media ± desviación estándar.

1.2. Aspecto ambiental

e) Calculo del balance de N

En el estudio de la evolución de la mineralización del N en un cultivo de colza bajo clima Mediterráneo Húmedo en campo se observó que el patrón de mineralización e inmovilización dependía de factores medioambientales y también de la adición de fertilizante mineral nitrogenado.

La mineralización total durante el periodo de estudio fue 78 kg N/ha para el tratamiento 0N y 146 kg N/ha para el tratamiento 180N pero las diferencias no fueron significativas, debido sobre todo a la gran variabilidad de la medida de N_{min} en el suelo. Desde el comienzo del experimento hasta encañado la mineralización ha sido próxima a 0 para ambos tratamientos (Figura 10), debido a las bajas temperatura durante el invierno (a menudo menores de 5 °C). Tras las dos aplicaciones de nitrógeno, las parcelas fertilizadas mostraron inmovilización, que fue mayor tras la segunda aplicación de nitrógeno. Lo que ocurre es que los microorganismos compiten con las plantas por el nitrógeno aplicado. Las parcelas sin nitrógeno (0N) también experimentaron una reducción en la mineralización tras la emergencia de la inflorescencia (de 0,5 a 1 kg N/ha/día). Esto puede ser debido a las fuertes precipitaciones de marzo que saturaron los poros del suelo, limitando la mineralización del nitrógeno. Desde floración a cosecha (temperatura media superior a 15°C) el proceso predominante fue la mineralización y fue superior en las parcelas fertilizadas (1,16 y 2,22 kg N/ha/día para 180N y 0N, respectivamente). Tras la cosecha, durante la sequía estival, en ambos tratamientos disminuyó la mineralización. Sin embargo, una vez que el suelo alcanzó un grado de humedad mayor que el punto de marchitez permanente, se produjo mineralización nuevamente. Esto tiene una gran importancia desde el punto de vista medioambiental, puesto que se trata de un período en que no hay cultivo y por tanto el riesgo de lixiviación de N es máximo. En resumen, se registró inmovilización después de las dos aplicaciones de N realizadas con la dosis de 180 kg N ha⁻¹, aunque bajo condiciones ambientales favorables (capacidad de campo y temperaturas por encima de 15° C) la mineralización fue también mayor en el tratamiento de 180 kg N ha⁻¹ respecto al testigo, lo cual finalmente resultó en una mayor mineralización total en el tratamiento con N.

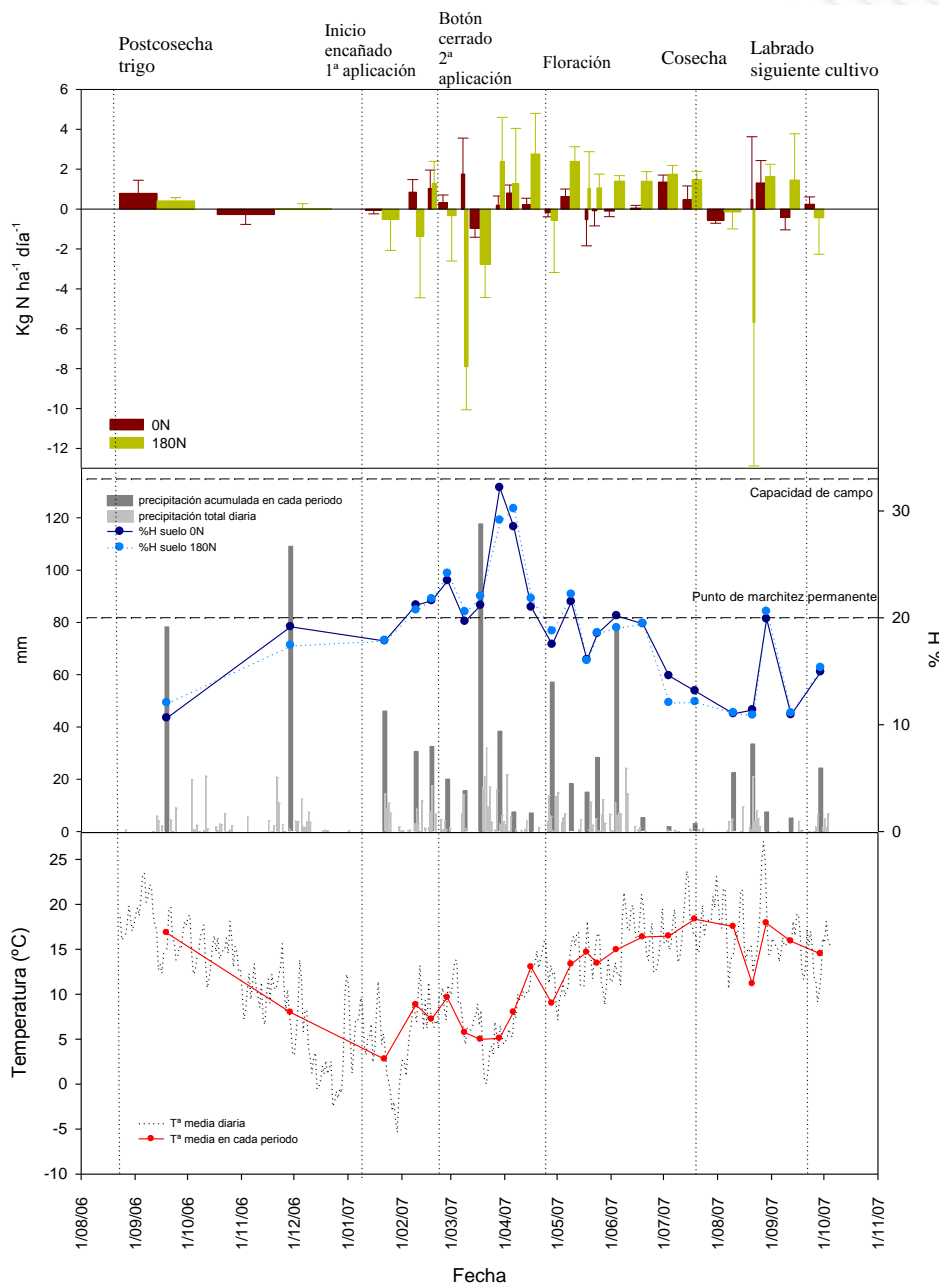


Figura 10. a) dinámica del balance de nitrógeno de los tratamientos 0N y 180N durante los años 2006 y 2007 (kg N ha⁻¹). b) % H del suelo (60cm de profundidad) en cada muestreo, lluvia diaria y acumulada en cada muestreo (mm). c) Temperatura media diaria y para cada muestreo (° C).

+ Otros resultados obtenidos (si es necesario)

Informe técnico

3. Información científica generada

+ Publicaciones Científicas Internacionales

Aizpurua, A. , Estavillo, J. M. , Castellón, A. , Alonso, A. , Besga, G. and Ortuzar-Iragorri, M. A.(2010). 'Estimation of Optimum Nitrogen Fertilizer Rates in Winter Wheat in Humid Mediterranean Conditions, II: Economically Optimal Dose of Nitrogen', Communications in Soil Science and Plant Analysis, 41: 3, 301-307.

Ortuzar-Iragorri, M. A. , Castellón, A. , Alonso, A. , Besga, G. , Estavillo, J. M. and Aizpurua, A.(2010). 'Estimation of Optimum Nitrogen Fertilizer Rates in Winter Wheat in Humid Mediterranean Conditions, I: Selection of Yield and Protein Response Models', Communications in Soil Science and Plant Analysis, 41: 19, 2293-2300.

T. Fuertes-Mendizábal, A. Aizpurua, M.B. González-Moro, J.M. Estavillo (2010) Improving wheat breadmaking quality by splitting the N fertilizer rate. European Journal of Agronomy, 33: 52-61.

Gallejones, P., Castellón, A., del Prado, A., Unamunzaga, O. and Aizpurua, A.. (2012). Nitrogen and sulphur fertilization effect on leaching losses, nutrient balance and plant quality in a wheat-rapeseed rotation under a humid Mediterranean climate. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 93: 337-355.

Merino, P.; Artetxe, A.; Castellón, A.; Menéndez, S.; Aizpurua, A.; Estavillo, J.M. (2012). Warming potencial of N₂O emissions from rapeseed crop in Northern Spain. Soil and Tillage Research. 123: 29-34.

Villar, N.; Aizpurua, A.; Castellón, A.; González-Moro, B.; Ortuzar, M.A.; Besga, G. (2014). Evaluation of laboratory methods for estimating soil N apparent mineralization and wheat N uptake in calcareous soils. Soil Science. Aceptado con cambios.

+ Publicaciones Científicas Nacionales

+ Comunicaciones a Congresos, Reuniones, Simposios

T. Fuertes de Mendizábal, A. Castellón, A. Aizpurua, M. B. Gonzalez Moro, J.M. Estavillo. Effect of nitrogen fertilizer management on wheat grain yield, quality and ¹⁵N natural abundance. 16th International Nitrogen Workshop. Turin, Italia june, 28th-july, 1st 2009.

T. Fuertes de Mendizábal, A. Aizpurua, J.M. Estavillo, M. B. Gonzalez Moro. Mejora de las gluteninas de alto peso molecular (HMWGS) en trigo a través del manejo del fertilizante nitrogenado. X Reunión nacional de metabolismo del nitrógeno. Benalauría. Junio 2010.

Villar N., Gallejones, P., Castellón, A., Besga, G, Aizpurua A. Temporal dynamics of soil N mineralization during an oilseed rape (Brassica napus L.) growth cycle in one season's growth under humid Mediterranean conditions. 17th International Nitrogen Workshop. Wexford, Ireland 26-29 June 2012.

Menéndez, S., Huerfano, X., Aizpurua, A., González-Murua, C., Estavillo. J.M. DMPP reduces N₂O losses and maintains wheat yield under humid Mediterranean conditions. 17th International Nitrogen Workshop. Wexford, Ireland 26-29 June 2012.

Villar N., Castellón A., Besga G., Aizpurua A. Plant nutrient dynamics in an alkaline soil solution after addition of sewage sludge with and without lime. 15th International Conference RAMIRAN. Versailles, France 2-6 June 2013.

+ Artículos de Divulgación

Teresa Fuertes de Mendizábal, M^a Arritokieta Ortúzar, Ana Aizpurua, Ander Castellón, M^a Begoña González-Moro y José M^a Estavillo. La dosificación del fertilizante en la mejora de la calidad del trigo. 2009. *Sustrai*. 88: 66-71.

Castellón, A., Villar, N., Besga, G. y A. Aizpurua. ¿Cómo afecta la fertilización orgánica a la producción y calidad de grano de trigo blando de invierno? 2013. *LURZABAL*, Boletín Agrario de Álava. 25, 10-13.

Castellón, A., Villar, N., Besga, G. y A. Aizpurua. Aplicaciones repetidas de fertilizantes orgánicos en trigo blando de invierno en clima mediterráneo húmedo. Influencia sobre producción y calidad. 2013. *Tierras*. 209: 66-69.

- + Monografías
- + Informes Técnicos

4. Actividades de formación y transferencia realizadas

Se han llevado a cabo tres **Tesis de Master** de de Agrobiología la Universidad del País Vasco (UPV):

Titulo: Influencia de la fertilización con nitrógeno y azufre sobre el balance de azufre y la calidad de grano en una rotación trigo-colza

Alumna: Patricia Gallejones Bringas

Master en Agrobiología Ambiental

Fecha: Septiembre 2009

Titulo: Evolución de la mineralización del nitrógeno del suelo en un cultivo de colza (*Brassica napus* L.)

Alumna: Begoña Freire Medina

Master en Agrobiología Ambiental

Fecha: Septiembre 2010

Titulo: Evolución de la concentración de los macronutrientes en la solución de un suelo básico al aplicar lodos de EDAR higienizados con CaO

Alumna: M^a Fernanda Delgado Hernández

Master en Agrobiología Ambiental

Fecha: Septiembre 2012

Así mismo, siete alumnos de diferentes centros de formación profesional han realizado **prácticas** de tres meses cada uno durante el presente proyecto.

Hay un proyecto **fin de carrera** en preparación de la Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz.

Hay una **tesis doctoral** que se acaba de depositar en la Universidad del País Vasco (UPV):

Titulo: Fertilización mineral y con lodos EDAR en suelos calcáreos. Dinámica del nitrógeno, otros nutrientes y metales pesados.

Alumna: Nerea Villar

Además se han llevado acciones de **transferencia al sector**:

Reunión con asociación de panaderos y BIOLUR (productores y consumidores de ecológico) el 15 de abril de 2010.

Reunión con Técnico de AIRA (Asociación interprofesional de remolacheros alaveses) para la recomendación de fertilización en la rotación trigo-remolacha de la cobertera a aplicar tras la aplicación de fertilizantes orgánicos mediante la utilización de medidores de clorofila Yara N-tester y SPAD. Realizada el 17 de abril de 2013.

Jornada de divulgación “FERTILIZACIÓN Y CULTIVOS EXTENSIVOS” destinada a técnicos y agricultores ligados al sector cerealista. Se celebró el 7 de Mayo 2013 y en ella se presentaron, entre otros, los resultados de los obtenidos en este proyecto.

Reunión el 31 de mayo de 2013 con asociación de Álava formada por agricultores y ganaderos para gestionar el purín (C.U.M.A. Gaibala). El objetivo de la reunión fue el asesoramiento para la correcta aplicación del purín almacenado en los cultivos cerealistas de la zona (trigo, cebada, avena), praderas, girasol y patata.

Algunos de los investigadores participantes en este proyecto (Ander Castellón y Ana Aizpurua) se encargan de realizar recomendaciones de fertilización en base a los resultados del análisis de suelo y hoja que se llevan a cabo en el laboratorio de NEIKER. La experiencia adquirida en el proyecto ayuda a mejorar dichas recomendaciones, al tener en cuenta los resultados obtenidos.

5. Desviaciones con respecto a la memoria del proyecto

Incluir en este apartado sólo las relativas al plan de trabajo

El proyecto se ha prórrogado hasta finales de Julio de 2013.