

FRACCIONAMIENTO DE LAS APORTACIONES DE N PARA DIFERENTES SISTEMAS DE APORTE DEL ABONADO DE COBERTERA

Fertilización nitrogenada en cobertera del cultivo del maíz

Las necesidades de nitrógeno de un cultivo de maíz pueden variar en función del momento o momentos en que éste se aplique. Las prácticas habituales varían mucho según zonas y sistemas agrarios, desde una sola aplicación de fertilizantes en fondo antes de la siembra, hasta la utilización del sistema de riego para la aplicación de nutrientes de forma fraccionada a lo largo de todo el cultivo, pasando por aplicaciones sólo en fondo y coberteras tempranas con maquinaria de aplicación adecuada y otras casuísticas. En este artículo se presentan varias experiencias, sobre el fraccionamiento de las aportaciones de N al cultivo de maíz para diferentes sistemas y situaciones de aporte del abonado de cobertera.

Francesc Domingo¹, Albert Roselló¹, Carlos Ortíz² y Elena González¹.

¹ IRTA Mas Badia.

² Oficina de fertilització i tractament de dejeccions ramaderes, DAAM.

La aplicación de nutrientes, principalmente nitrógeno (N), a los cultivos durante su desarrollo, es una práctica recomendable que permite que la planta reciba los nutrientes a medida que los necesita y que, en general, aumenta la eficiencia en el uso de este nutriente. Este fraccionamiento si se realiza adecuadamente puede evitar la pérdida de nitratos hacia las aguas freáticas, que se produ-



cen especialmente cuando se aplican dosis elevadas de fertilizante que contiene nitrógeno, en momentos en los que el cultivo no lo necesita (fondo o coberteras tempranas).

Como se ha comentado, un posible método para la aplicación fraccionada de nitrógeno es la fertirrigación. Actualmente desde un punto de vista práctico son los sistemas de riego a presión los que permiten realizar una fertirrigación adecuada y precisa. La superficie estimada de cultivos herbáceos extensivos que utiliza sistemas de riego a presión es de unas 60.000 hectáreas en Cataluña. Así pues, el potencial de uso de sistemas de fertirrigación en este tipo de cultivos es elevado y tiende a incrementarse ya que es el tipo de riego que se instala en nuevos regadíos y en la modernización de parte de los tradicionales, tal como se estable-

ce en el *Pla de regadius de Catalunya 2008-2020*. El maíz es claramente el cultivo herbáceo que dispone de más superficie con sistemas de riego a presión, aproximadamente unas 20.000 hectáreas, que representa alrededor de una tercera parte del total de superficie de cultivos herbáceos con esta tipología de riego (**cuadro I**). No obstante, actualmente existe una parte importante de explotaciones agrícolas en que no se fertirriga a pesar de disponer de los sistemas de riego que lo permiten.

Ventajas de la fertirrigación

A continuación se resumen las principales ventajas de la fertirrigación en cultivos herbáceos extensivos.

Distribución gradual, solubilidad y posibilidad de coberteras tardías

La fertirrigación permite aplicar los nutrientes (principalmente el N), en forma soluble y ya disuelta, a medida que el cultivo lo necesita y especialmente en los períodos de máximo crecimiento del cultivo (en general antes de floración). Es especialmente interesante en cultivos herbáceos extensivos porque permite la fertilización, usando estas formas más solubles, en momentos en que el desarrollo del cultivo no permite el paso de maquinaria o en que la utilización de ésta puede dañar parte del cultivo (a partir del estadio de 7-8 hojas desarrolladas en maíz). Puede ser interesante también, para algunos cultivos, la aplicación de coberteras tardías (alrededor del estadio de floración o espigado) que permiten alcanzar un incremento de calidad del grano que de otra forma se hace muy difícil de obtener.

Esta aportación gradual y en momentos de máxima necesidad del cultivo puede contribuir a una mayor eficiencia en el uso de los nutrientes al reducir las pérdidas de N por lavado, representando por tanto una ventaja económica y ambiental a la vez. Esta eficiencia es especialmente importante en aquellos cultivos con elevadas extracciones de nutrientes.

Disminución del uso de maquinaria

No utilizar maquinaria para la fertilización (especialmente en cobertera del cultivo) permite aplicar abono sin dañar la planta. Además, desde un punto de vista económico, la

CUADRO I.

Superficie estimada de cultivos herbáceos extensivos que utilizan sistemas de riego a presión en Cataluña (Gabinete técnico del DAAM, 2013).

Cultivo herbáceo extensivo*	Superficie (ha)
Maíz grano	20.455
Alfalfa	13.462
Trigo	9.261
Cebada	8.158
Maíz forrajero	3.683
Cereales de invierno para forraje	1.853
Avena	1.105
Girasol	1.003
Colza	428
Total	59.406

* No se incluyen los pastos.

utilización del sistema de riego para fertirrigar permite ahorrar costes en el uso de maquinaria para la aplicación de fertilizantes. Y, por otra parte, la no utilización de maquinaria permite un ahorro de las emisiones de CO₂ atribuibles a la explotación y a la actividad agrícola, con el consecuente beneficio ambiental.

La fertirrigación permite, también, la aplicación de abono independientemente del estado del terreno. Razón que se aduce con frecuencia (p.ej.: posibilidad de mal estado del terreno por lluvias) para no realizar aplicaciones de cobertera tempranas o tardías y aplicar el nitrógeno sólo en estados muy incipientes del cultivo, a pesar de la reconocida mayor efi-

ciencia en el aprovechamiento del N de las aplicaciones fraccionadas del mismo.

Uniformidad de distribución

La correcta distribución de los nutrientes mediante la fertirrigación está directamente relacionada con la uniformidad de los sistemas de riego. En general, pero especialmente en aquellos cultivos herbáceos extensivos con elevadas extracciones nitrogenadas, la falta de uniformidad del riego y, por tanto, del abonado puede suponer reducciones de rendimiento importantes tanto por exceso como por defecto de nutrientes. La uniformidad en los sistemas de riego se consigue a través del diseño adecuado y del mantenimiento periódico.

La distribución del abono que se aplique a través del riego difícilmente será mejor que la distribución del agua que se realice. En este sentido, se desaconseja la fertirrigación en aquellos sistemas que no garanticen una óptima uniformidad del riego.

Es por este motivo que el riego por gravedad o superficie, ya sea por tablares, surcos, etc., no se considera apto como sistema de distribución de fertilizantes. Tampoco el sistema de cañón, aunque sea un riego a presión, ya que la distribución del agua y de los nutrientes no es suficientemente homogénea.

Los sistemas de riego a presión considerados aptos para fertirrigación en extensivos más utilizados en Cataluña son:

- **Aspersión - cobertura total.** Es el sistema de riego más usado en maíz. Se utilizan marcos cuadrados o a tresbolillo de 18 x 18 m² o, en zonas con viento, marcos rectangulares de 18 x 16 m² o 18 x 15 m².

- **Aspersión - pivot.** Sistema de riego de uso exclusivo en cultivos extensivos debido a la estructura que requiere para su funcionamiento. Permite el riego y abonado de superficies circulares (completas o no) con radios entre 50 y 800 m.

- **Localizado - goteo superficial.** Sistema que está iniciando su implantación con fuerza en los últimos años en maíz. Se basa en el despliegue de ramales de goteros después de la siembra y aplicación de herbicida y su recogida antes o después de la cosecha. Su principal ventaja es el ahorro en energía (baja presión) y agua, además de no verse la uniformidad de distribución afectada por el viento. El diseño más frecuente es el despliegue de un ramal cada dos filas de plantas, es decir, una separación de 1,5 m entre ramales (**figura 1**). En es-

FIGURA 1.

Esquema de la distribución habitual de ramales cada dos filas de maíz en el sistema de riego por goteo superficial.

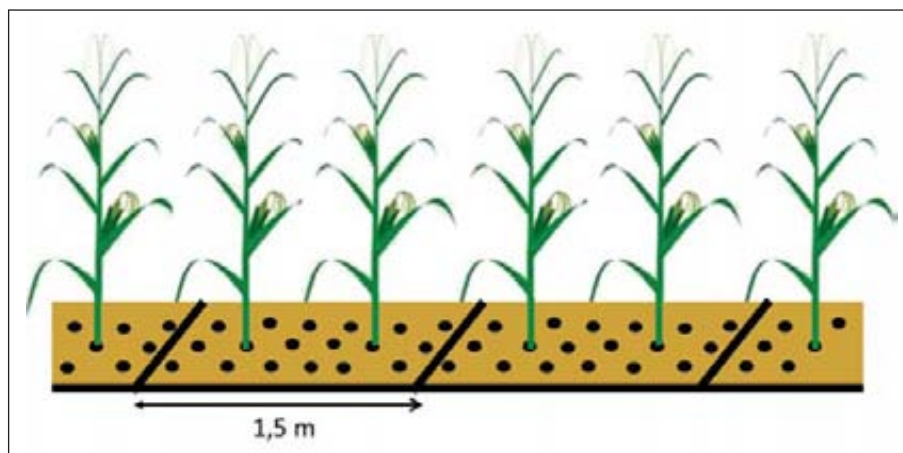


FIGURA 2.

Producción de maíz (kg/ha) para diferentes dosis de estiércol aplicado antes de la siembra y de N mineral aplicado en cobertera en una sola aplicación de fertilizante sólido. Año 2002. La Tallada d'Empordà (Girona).

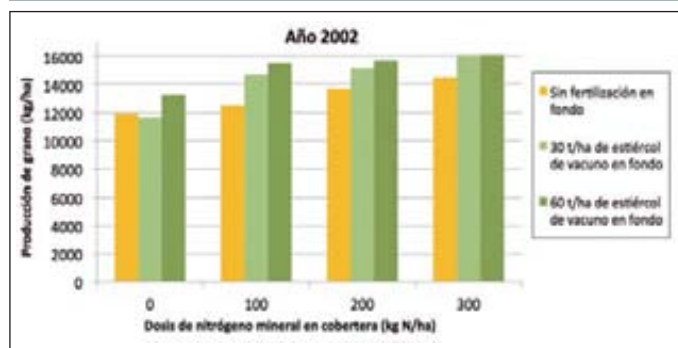
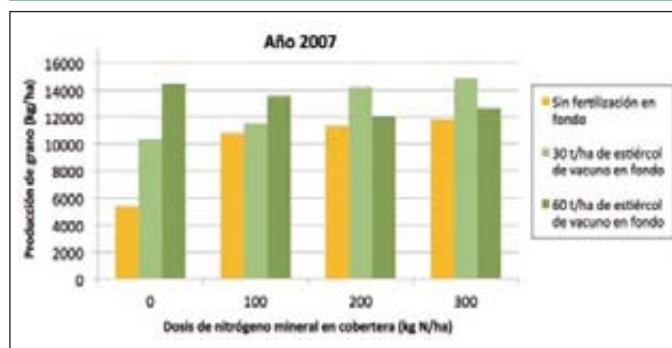


FIGURA 3.

Producción de maíz (kg/ha) para diferentes dosis de estiércol aplicado antes de la siembra y de N mineral aplicado en cobertera en una sola aplicación de fertilizante sólido. Año 2007. La Tallada d'Empordà (Girona).



te sistema las raíces son más abundantes donde se concentra el agua de riego y es especialmente aconsejable la fertirrigación ya que así se emplazan los nutrientes donde se concentra la máxima densidad radicular.

- Localizado - goteo enterrado. Similar al sistema anterior pero es una instalación fija. Tiene un mayor coste de diseño e implementación de la instalación (apertura de rasas, etc.) pero desaparece el coste anual de despliegue y recogida de los ramales de goteros.

Resultados de ensayos

A continuación se presentan varias experiencias, sobre el fraccionamiento de las aportaciones de N al cultivo de maíz para diferentes sistemas y situaciones de aporte del abonado de cobertera.

Influencia del manejo de la fertilización orgánica en fondo sobre la dosis de N en cobertera

Descripción del ensayo

Durante diversos años (2002 a 2008) se realizó un ensayo en maíz con diferentes niveles de aplicación de estiércol de vacuno en fondo (0, 30 y 60 t/ha; equivalentes aproximadamente a 0, 170 y 340 kg N/ha) y de N mineral en cobertera (0, 100, 200 y 300 kg N/ha), en el estadio de 6-8 hojas desarrolladas, con fertilizante sólido (nitrato amónico o nitrato amónico cálcico), en la zona de regadío del Baix Empordà (Girona). Los tratamientos se

mantuvieron a lo largo de todos los años de ensayo en las mismas parcelas elementales.

Estrategia de abonado de fondo y dosis de N en cobertera

Se muestran los resultados de producción de maíz de los años 2002 (**figura 2**) y 2007 (**figura 3**) que representan bien los obtenidos en los primeros y últimos años de ensayo respectivamente.

Para todos los años se observa que las producciones obtenidas cuando no se aplica fertilizante orgánico son menores que cuando

sí se utilizan como abono de fondo. También se observa que el aumento de las dosis aplicadas de estiércol por encima de dosis agronómicas (30 t/ha) no implican un mayor potencial de producción de las parcelas.

La aplicación de N mineral en cobertera es necesaria para maximizar la producción del cultivo cuando no se aplican deyecciones ganaderas o éstas se aportan a dosis agronómicas. La dosis óptima de N en cobertera varía en cada situación y es necesario conocer los antecedentes de aplicación de fertilizantes orgánicos en años anteriores así como en los



En este ensayo la dosis óptima de nitrógeno se ha situado entre los 150 y 250 kg N/ha para aplicaciones agronómicas de estiércol de vacuno, según los años, y entre los 100 y 300 kg N/ha si no se realiza aplicación orgánica en fondo.

aportes de fondo del cultivo. En este ensayo se ha situado, en función de los años, entre 150 y 250 kg N/ha para aplicaciones agronómicas de estiércol de vacuno, y entre 100 y 300 kg N/ha para el caso de no realizar aplicación orgánica en fondo. La aplicación de N mineral en cobertera puede provocar disminución de la producción de maíz en situaciones de aportes de estiércol superiores a los agronómicos durante diversos años consecutivos.

Aunque no se muestran los datos, se ha observado que las aplicaciones excesivas de N, orgánico o mineral, comportan a medio plazo un mayor lavado de nitrato del suelo que contamina las aguas subterráneas.

Principales ideas a destacar

- La aportación de fertilizantes orgánicos incrementa el potencial productivo de la parcela hasta cierto límite. Aportes superiores a los agronómicamente recomendables no conllevan un incremento mayor del potencial.
- Para maximizar la producción de maíz, minimizar las pérdidas y, en definitiva, optimi-



El fraccionamiento de los aportes de N en cobertera es recomendable hasta el estadio de floración si se realizan a través de sistemas de riego presurizado.

zar la fertilización es necesario el aporte de nitrógeno en cobertera del cultivo.

- La estrategia de abonado escogida (abonado de fondo o no, y dosis) incidirá de forma decisiva respecto a la dosis óptima de N a aportar en cobertera.

Fraccionamiento del abonado de cobertera en maíz en riego por aspersión

Descripción del ensayo

El ensayo se llevó a cabo durante la campaña 2010 en una finca comercial situada en el Baix Empordà (Girona), de aproximadamente 8 hectáreas que se riega por aspersión (cobertura total fija) y que se estructura en nueve sectores de riego. La parcela recibió como abonado de fondo la aplicación de purines de porcino de engorde a la dosis agronómica de 150 kg N/ha. Se definieron tres dosis y fraccionamientos diferentes de N en cobertera (solución nitrogenada al 32% en N), cada una repetida en tres de los sectores de riego de la

Contra las heladas...



... SCUDOR escudo térmico



arvensis agro S.A.
Tel: +34 976 109 181 · Fax: +34 976 109 183
ma@arvensis.com · www.arvensis.com

FIGURA 4.

Producción media de maíz en los dos años de ensayo para diferentes dosis de N mineral aplicado en cobertera (línea azul) y para diferentes fraccionamientos de estas dosis (columnas). Con aplicación de purines en fondo antes de la siembra. Localidad: La Tallada d'Empordà (Girona), años 2010 y 2011.

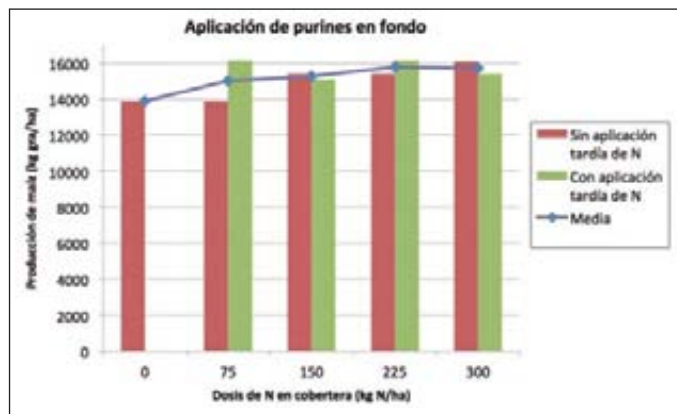


FIGURA 5.

Producción media de maíz en los dos años de ensayo para diferentes dosis de N mineral aplicado en cobertera (línea azul) y para diferentes fraccionamientos de estas dosis (columnas). Sin aplicación de abono (orgánico o mineral) en fondo antes de la siembra. Localidad: La Tallada d'Empordà (Girona), años 2010 y 2011.



parcela, distribuidos al azar. Las dosis de abonado y el fraccionamiento que se realizó consistieron en:

- Aportación de 80 kg N/ha, en una sola aplicación. Esta dosis se determinó de forma razonada mediante el método del balance de N, que tiene en cuenta el conjunto de aportaciones de N y las necesidades reales del cultivo.
- Aportación inferior a la dosis recomendada. Aportación única de 40 kg N/ha.
- Estrategia de fraccionamiento de N. Se realizaron dos aportaciones de N de 40 kg N/ha cada una, aportadas en los estadios de 6 hojas y de 10-12 hojas desarrolladas. Dosis total de 80 kg N/ha.

Dosis y fraccionamiento del abonado de cobertera

Tal como se observa en el **cuadro II**, la producción obtenida es superior cuando se aplican dosis de N razonadas a través de un sistema de ayuda a la decisión como es el método del balance de N, respecto a dosis inferiores.

CUADRO II.

Resultados productivos del ensayo de fraccionamiento del N en cobertera en riego por aspersión.

Dosis de nitrógeno aplicada (kg N/ha) y fraccionamiento en cobertera	40	80	40+40
Producción (14% de humedad) media obtenida (kg grano/ha)	14.796	15.336	15.597

Los resultados productivos indican también que la mayor producción final se ha conseguido cuando la dosis seleccionada (80 kg N/ha) se aplica de forma fraccionada, en este caso en dos aportaciones.

Principales ideas a destacar

- La optimización de las aplicaciones conlleva la toma de decisiones sobre fertilización en base a criterios razonados y el uso de herramientas adaptadas.
- El fraccionamiento de las aplicaciones de cobertera, incluyendo aportaciones tardías cerca de floración es recomendable.

Fraccionamiento del abonado de cobertera en maíz en riego por goteo

Descripción del ensayo

Los años 2010 y 2011 se llevaron a cabo ensayos con el objetivo de determinar las dosis óptimas de fertilización en relación con el fraccionamiento a través de riego por goteo en maíz. Para conocer la respuesta del cultivo al frac-

cionamiento de las coberteras para diferentes manejos en la fertilización de fondo, se establecieron, cada año, dos ensayos en la misma parcela, una con aportación en fondo de purines de porcino a la dosis de 120 kg N/ha y otro sin aportación de abono orgánico ni nitrógeno mineral antes de la siembra. Se establecieron cinco dosis de N en cobertera (0, 75, 150, 225 y 300 kg N/ha) aportadas de forma fraccionada en diferentes momentos del ciclo del cultivo. Para cada dosis, en un caso se aportaron en coberteras tempranas (hasta 10 hojas desarrolladas) y en otro se aportaron repartidas de manera que se aplicó una parte del N en coberteras tardías (próximas a floración). El abono nitrogenado se aportó, en dos o tres veces según el caso, en forma de solución nitrogenada al 32% en N (N-32) mediante el agua de riego con una bomba de inyección de abono.

Estrategia de abonado de fondo y dosis de N en cobertera

En las parcelas estudiadas, la aplicación de abono orgánico a dosis agronómicas antes de la siembra aumenta el potencial productivo del cultivo, que no se puede sustituir por aplicaciones muy elevadas de N en cobertera. Cuando se han aplicado purines en fondo (**figura 4**) la producción máxima alcanzada se sitúa alrededor de 16 t/ha (con dosis de N en

cobertera relativamente bajas), mientras que cuando no se aplican la producción de maíz no supera las 15 t/ha aunque se apliquen dosis muy elevadas de N en cobertera (**figura 5**).

Se ha observado un comportamiento diferente en las dosis óptimas totales en cobertera en función del manejo de la fertilización de fondo. En la **figura 4**, se observa que en las parcelas con abonos orgánicos hay una baja respuesta a la fertilización de cobertera, consiguiéndose las máximas producciones con aportaciones de hasta 75 kg N/ha. En cambio, en parcelas sin antecedentes recientes en la aplicación de abonos orgánicos, la dosis óptima se sitúa próxima a los 150 kg N/ha (**figura 5**).

La aplicación de dosis superiores a las necesarias no mejora significativamente la producción pero sí que incrementa el riesgo de pérdidas de N por lavado, tal como se observa en la **figura 6**. En este sentido, las aportaciones minerales en cobertera son más eficientes que las de fondo, ya que la planta tiene el N a disposición en el momento que lo necesita. Así se minimizan las pérdidas por lavado y, mediante el fraccionamiento, es posible ajustar las necesidades del cultivo a medida que avanza el ciclo.

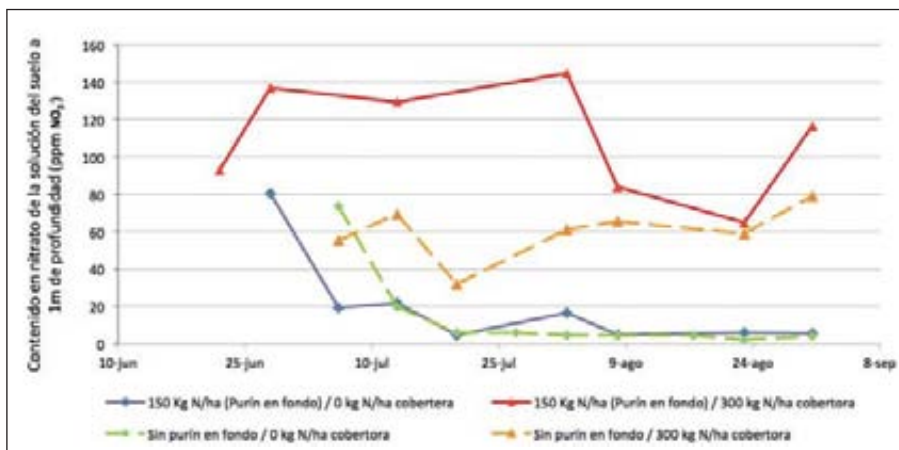
Fraccionamiento de la cobertera

En la **figura 4** se observa que cuando se aplican abonos orgánicos antes de la siembra, la dosis óptima (75 kg N/ha en este caso) presenta diferencias importantes entre la aplicación de este N únicamente en coberteras tempranas y la aplicación de parte del N en coberteras próximas a floración del cultivo, siendo más productiva la estrategia de reservar parte del abono para aportaciones tardías. Estas aportaciones tardías de parte del N permiten alcanzar las máximas producciones con dosis menores que si se realizan únicamente en coberteras tempranas e implican un ahorro importante de abono. Para dosis más elevadas no se observan estas diferencias ya que el efecto queda enmascarado por una dosis excesiva de N.

Cuando no se ha aplicado abonado de fondo, no se observa tampoco este efecto de las aportaciones (ni en positivo ni en negativo), probablemente en este caso a causa de una limitación en la capacidad productiva del cultivo para una limitación de nutrientes (sin llegar a deficiencias detectables) en las fases iniciales del cultivo.

FIGURA 6.

Contenido en N nítrico en la solución del suelo a lo largo de la evolución del cultivo.



En resumen, el fraccionamiento del abonado en cobertera en dos o tres aportaciones durante el crecimiento vegetativo del cultivo, reservando una parte para una aportación alrededor de floración, es suficiente para obtener producciones máximas. En algunos casos, fraccionar en más aportaciones no genera producciones superiores pero pueden permitir gestionar mejor el fertilizante en la medida que es posible adaptar mejor las aportaciones a las necesidades reales del cultivo. Por ejemplo, en el caso de previsión de lluvias se puede reducir el número de aplicaciones o retrasarlas unos días con el objetivo de evitar posibles pérdidas de N por lavado.

Principales ideas a destacar

- La aportación de fertilizantes orgánicos incrementa el potencial productivo de la parcela.
- La estrategia de abonado escogida (abonado de fondo o no, y dosis) será decisiva respecto a la dosis de N y al nombre de aportaciones durante la cobertera. La dosis óptima de N aportada en cobertera será función de muchos parámetros específicos de cada parcela. En el ensayo experimental estudiado se ha situado en 75 kg N/ha para aplicaciones de purines en fondo y en 150 kg N/ha en el caso de no realizar aplicación orgánica.
- El fraccionamiento de las coberteras es recomendable. Dos o tres aportaciones son suficientes para obtener máximas producciones. Las coberteras tardías alrededor de floración

son eficientes y permiten reducir las aportaciones de N.

- Aportaciones excesivas de N provocan acumulación de N que permanece en el suelo y favorece el lavado de nitratos.

A modo de resumen

Las principales conclusiones que se han extraído de estos y similares resultados obtenidos en ensayos de fertilización nitrogenada del maíz son:

- Las aportaciones de deyecciones ganaderas y otros fertilizantes orgánicos a dosis agronómicas es una práctica recomendable que incrementa el potencial productivo de la parcela.
- Para maximizar la producción de maíz y optimizar la fertilización es necesario el aporte de nitrógeno en cobertera del cultivo.
- Las dosis de nitrógeno en cobertera dependen en gran medida del manejo de la fertilización, especialmente orgánica, en fondo y en los cultivos precedentes.
- El fraccionamiento de los aportes de nitrógeno en cobertera hasta el estadio de floración es recomendable si se realiza a través de sistemas de riego presurizado (fertirrigación) que garanticen una aplicación homogénea del nitrógeno. Permite maximizar producciones, minimizar efectos en el ambiente y tener capacidad de gestión de la fertilización hasta estadios muy avanzados del cultivo. ●