

Aspectos a tener en cuenta para una fertilización racional del maíz

Aplicaciones del N fraccionado en cobertera son más efectivas y evitan su pérdida por lixiviación

El maíz es uno de los principales cultivos extensivos de regadío en nuestro país, seguido por la cebada. En la anterior campaña se cultivaron cerca de 310.000 ha en regadío que suponen el 33% del total de la superficie cultivada en estas condiciones (MAPA, 2017).

Atendiendo a los datos medios de los últimos siete años, Castilla y León se sitúa a la cabeza en cuanto a superficie cultivada; Aragón, Extremadura, Cataluña, Andalucía y Castilla-La Mancha presentan también, por orden de importancia en superficie, gran tradición en el cultivo de maíz (**figura 1**), en condiciones edafoclimáticas diferentes y sobre todo gran variabilidad a escala intracomunitaria en los sistemas de riego que permiten el desarrollo de este cultivo.

La selección de variedades altamente productivas, así como la mejora de la eficiencia de los sistemas de riego, son algunos de los avances derivados de la intensificación de la agricultura que han permitido al cultivo del maíz consolidarse como uno de los cultivos más rentables para el agricultor debido fundamentalmente a su elevada productividad. A pesar de la disminución en el precio de venta en los últimos años, los productores han seguido apostando por este cultivo de verano, manteniendo su rentabilidad a través de la reduc-

M. Videgain.

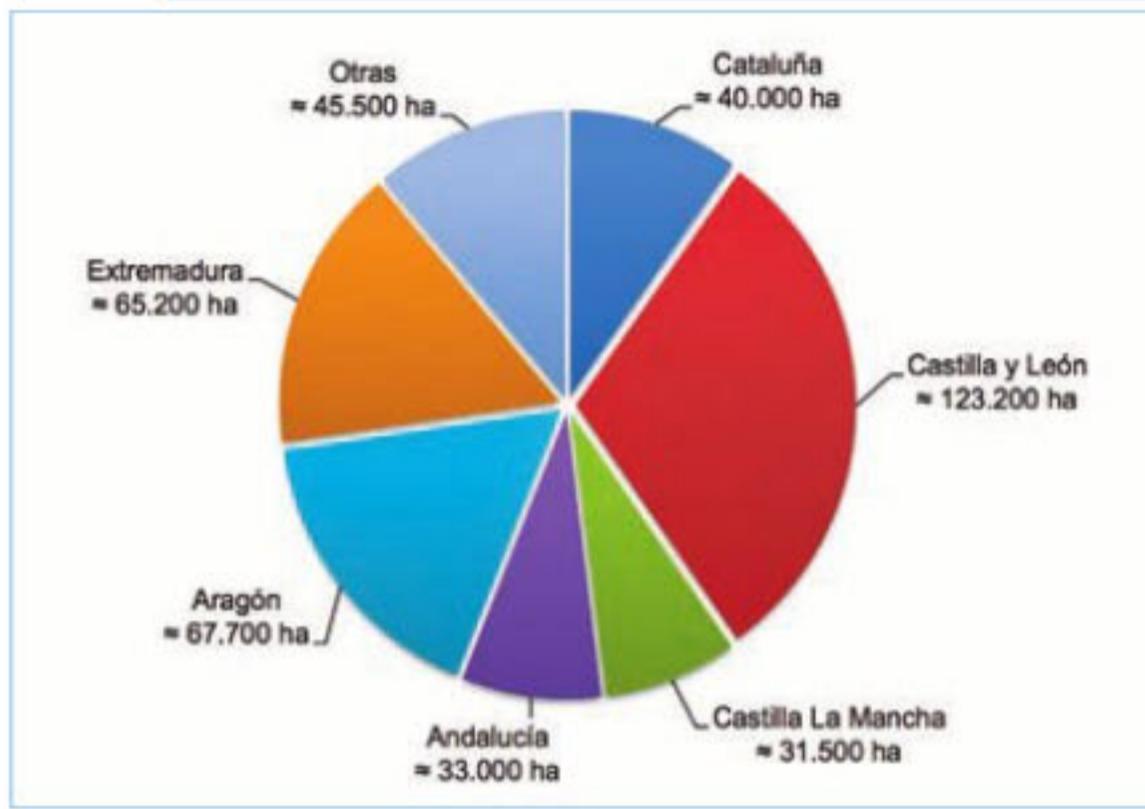
Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza.

En ocasiones no existe una planificación previa de la fertilización por parte de los productores, muchas veces existe una rutina o adaptación económica. En este artículo se plantean una serie de preguntas que debería hacerse todo productor que desee gestionar la fertilización de sus cultivos de una forma racional, prestando especial atención al cultivo de maíz en condiciones de regadío.



Parcela de maíz de primera cosecha en Tauste (Zaragoza).

FIG. 1 Superficie media de cultivo de maíz por comunidad autónoma en el periodo 2011-2017 (adaptado de MAPA, 2017).



ción de insumos, principalmente labores de preparación del terreno y abonado.

Las producciones de maíz son muy variables, oscilando entre 10 y 20 t/ha dependiendo fundamentalmente del ciclo seleccionado y en los casos más altos unidas a muy buenos manejos de todos los factores de cultivo (Lloveras y col., 2012; Lloveras e Isla, 2012; Villar y col., 2018).

Las experiencias y recomendaciones para el ajuste de las dosis fertilizantes del maíz han sido ampliamente descritas, siempre enfocadas a la racionalización de los recursos y sobre todo a la constante lucha contra la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por nitratos de origen agrario.

Este problema ha cobrado una gran importancia en los últimos años con legislaciones nacionales y autonómicas que restringen el uso de fertilizantes en bastantes áreas. Más recientemente se han relacionado los excesos de fertilización nitrogenada con mayores emisiones de gases de efecto invernadero como el óxido nítrico y las emisiones de amoníaco especial-

mente en el caso de estiércoles líquidos como el purín porcino.

En ocasiones no existe una planificación previa de la fertilización por parte de los productores, muchas veces existe una rutina o adaptación económica. La excelente respuesta productiva del maíz a la aplicación de nutrientes puede llevar a situaciones de sobrefertilización con las consecuencias negativas asociadas (Isla y Quílez, 2006). Raramente se observan efectos adversos sobre el cultivo por sobrefertilizar, si bien supone un gasto innecesario para los agricultores.

En este artículo se plantean una serie de preguntas que debería hacerse todo productor que desee gestionar la fertiliza-

ción de sus cultivos de una forma racional, prestando especial atención al cultivo de maíz en condiciones de regadío.

¿Sobre qué tipo de suelo cultivo?

El maíz es un cultivo que se desarrolla en un amplio abanico de suelos, gestionados de formas muy diferentes, y enmarcados en condiciones climáticas distintas. Las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo están relacionadas entre sí y condicionarán el desarrollo del cultivo implantado, independientemente de que los aportes nutricionales estén bien calculados, las características del suelo podrán influir en la correcta asimilación de los nutrientes.

Teniendo en cuenta que gran parte de los aportes nitrogenados en maíz se distribuyen a través del agua de riego, es de vital importancia una caracterización previa del suelo a nivel físico, conocer la capacidad de retención de agua, estudiar su pedregosidad y la profundidad de la capa fértil.

La eficiencia del aporte de nutrientes se va a ver muy condicionada por estos parámetros, dado que el maíz es sensible tanto al exceso como a la falta de agua, particularmente durante la floración, desde 20-30 días antes hasta 10-15 días después (Betrán, 2010).

La descripción química de los suelos y del agua de riego es cada vez más habitual y la información que aportan permite ajustar las dosis fertilizantes a las recomendaciones más convenientes citadas en la bibliografía (cuadro I).

CUADRO I

RANGO DE EXTRACCIONES MEDIAS EXPRESADAS EN UNIDADES FERTILIZANTES POR TONELADA DE GRANO PRODUCIDO (14% HUMEDAD) DESCRITAS EN DIFERENTES FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.

kg N/t	kg P/t	kg P ₂ O ₅ /t	kg K/t	kg K ₂ O/t	Referencia
27	4,4	10	16,7	20	Betrán, 2010
22-27	3,9 - 4,9	9 - 11,4	16,6 - 21	19,9 - 25,2	Lloveras y col., 2012 (Valle del Ebro)
21	4	9,3	16	19,2	Villar y col., 2018



Foto 1. Maíz con laboreo previo.



Foto 2. Maíz en siembra directa sobre rastrojo de cebada en Huesca.

Salvo que se haya observado algún problema de posible carencia de micronutrientes es fundamental conocer el contenido de nitratos, fósforo y potasio, si bien el fósforo y el potasio no es necesario determinarlos todos los años. El contenido de materia orgánica se puede medir cada varios años.

En el caso de maíz como cultivo único, el análisis debe realizarse antes de la siembra aunque en el caso del contenido en nitrato podría retrasarse hasta que el maíz tenga cuatro hojas y ajustar bien las fertilizaciones de cobertera. Esta estrategia también puede hacerse en el caso de maíces de segunda cosecha. Es recomendable muestrear el suelo con barrena o en su defecto con pala de zapa tomando muestras de varios puntos de la parcela, mezclándola y enviando una muestra representativa a laboratorio.

La profundidad de muestreo en maíz dependerá del tipo de riego implantado, siendo suficiente unos 30 cm en el caso de riego por aspersión de alta frecuencia. La mayor parte de los laboratorios realizan las determinaciones sobre muestra "al aire", por lo que es importante o bien refrigerarla o bien dejar que se seque extendiéndola en una zona sombreada antes de enviarla.

Tanto el contenido de nitrógeno mineral (N_{min}), en forma de nítrico, el fósforo (P) y el potasio (K) suelen venir dados en los análisis en mg/kg de suelo. Conociendo la profundidad del muestreo y teniendo en cuenta una densidad media aparente de 1,3 t/m³ de suelo, se puede calcular el contenido de N disponible para el cultivo en el momento de la siembra, o en el momento del abonado de cobertera y calcular la dosis fertilizante por restitución. El conocimiento del N mineral en el suelo previo a la siembra (N residual) ayuda a obtener buenas producciones de maíz reduciendo los costes de fertilización, ya que con dicha información, las aplicaciones de N en fondo pueden evitarse o reducirse (Martínez de la Cuesta y col., 2015).

¿Cuáles son los antecedentes de manejo?

El tipo de manejo adoptado en cualquier unidad de suelo influye en la dinámica de reciclado de nutrientes y en la actividad de los microorganismos del suelo. El maíz es un cultivo que se ha implantado en condiciones de laboreo intensivo de forma tradicional. Sin embargo, la posibilidad de implantarlo como cultivo de segunda cosecha detrás de cereal a través de técnicas

de siembra directa o mínimo laboreo, lo que se llama maíz rastrojero, ha conllevado un cambio de paradigma para muchos agricultores, de los tradicionalmente partidarios del laboreo.

En este sentido es necesario diferenciar aquellas explotaciones que se basan en técnicas conservacionistas exclusivamente para la implantación del maíz en segunda cosecha, realizando laboreo posterior previo a la implantación del siguiente cultivo, y aquellas explotaciones que adoptan estas técnicas de forma continuada, siendo en las que más se ven modificadas las propiedades del suelo (**fotos 1 y 2**).

En este caso, hay que tener en cuenta que las extracciones planteadas en el **cuadro I** se refieren a la totalidad de la planta, si se tiene en cuenta la cantidad de N que se retiene en hojas, tallos y raíces (**cuadro II**), estaríamos hablando de cantidades razonables de nutrientes que se devuelven al suelo cuando se dejan los restos de cul-

CUADRO II

PORCENTAJE DE NUTRIENTE EN TALLO, HOJAS Y RAÍCES RESPECTO AL TOTAL DE LA PLANTA.

% N	% P	% K	Referencia
35	30	60	Lloberas y col., 2012
30	40	70	Villar y col., 2018

tivo sobre él, unidades que podrán ser aprovechadas por los cultivos de la siguiente campaña en función de la actividad biológica del suelo que sea capaz de mineralizarlos, esto sucede de forma variable en función de la humedad y la temperatura.

En experimentos realizados en el valle del Ebro por Maresma y col. (2016) con el objetivo de optimizar la fertilización nitrogenada en sistemas de doble cultivo maíz-cebada, quedaba patente la mayor complejidad de gestión agronómica de estos sistemas, y aunque el doble cultivo permitía un mejor aprovechamiento del N en el suelo, se hacía necesario un fraccionamiento mejor razonado de las unidades fertilizantes entre los dos cultivos, ya que la lixiviación después del maíz continuaba suponiendo un riesgo.

Otro aspecto clave es considerar una reducción de la fertilización nitrogenada cuando el cultivo anterior ha sido la alfalfa. Así, Cela y col. (2011a) muestran que las dosis óptimas de maíz después de alfalfa varían entre 0 y 200 kg N/ha, pudiendo reducir más la dosis en sistemas de aspersión que bajo riego por inundación. Los mismos autores (Cela y col., 2011b) indican que son posibles reducciones en la dosis normal en un segundo año de maíz tras alfalfa.

¿Cómo mejorar la nutrición y evitar el lavado de nitratos?

Otra práctica estudiada y muy interesante para zonas vulnerables a la contaminación por nitratos es el establecimiento de cultivos cubierta previos a la implantación

del maíz (Salmerón y col., 2015) (**fotos 3 y 4**).

La implantación previa de este tipo de cultivos tiene un interés para el mantenimiento de la humedad en el suelo, así como para evitar las pérdidas de lavado por N, pero es necesario tener en cuenta la composición del tipo de cultivo cubierta empleado, ya que la fracción de nitrógeno que puede ser mineralizada y asimilable posteriormente para el maíz, está relacionada con la concentración de N orgánico y la relación C/N en los restos vegetales; algunos cultivos, como la cebada, pueden ofrecer una mineralización lenta en comparación con otros y es algo a tener en cuenta en el cálculo de dosis fertilizantes, así como en el riesgo de lixiviación del N.

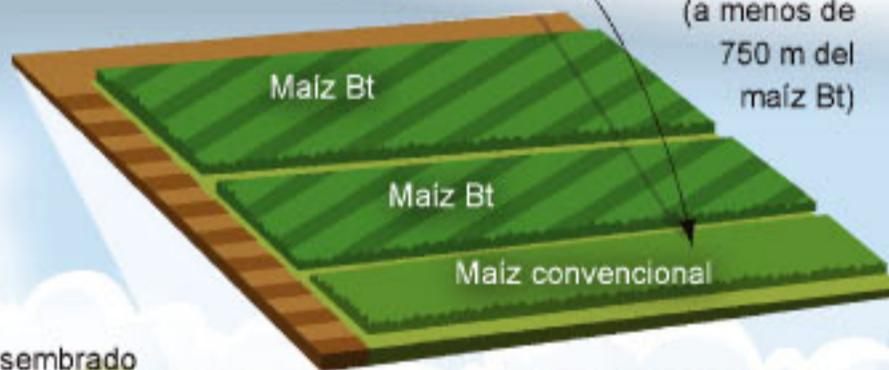
Es necesario realizar un correcto manejo de los restos de cubierta que en caso

Si en esta campaña ha decidido sembrar maíz Bt...

...no olvide sembrar el REFUGIO

- ▶ **OBLIGATORIO** cuando siembre **más de 5 ha de maíz Bt**, aunque estén distribuidas en varias parcelas.
- ▶ Debe emplear una **variedad de maíz convencional de ciclo y fecha de siembra similar**.
- ▶ Con un **tamaño de al menos un 20%** de la superficie dedicada a maíz y sembrado lo más cerca posible al campo con maíz Bt.

REFUGIO para agricultores con parcelas pequeñas, sembrando **maíz convencional** en una parcela completa (a menos de 750 m del maíz Bt)



¡También debe sembrar REFUGIO en Segundas Cosechas!

REFUGIO sembrando las cabeceras de la parcela o las esquinas del pivot con **maíz convencional**



Foto 3. Siembra de maíz sobre cubierta de avena en Tauste (Zaragoza).



Foto 4. Maíz en líneas pareadas sobre rastrojo de maíz y cubierta de avena (ensayos de campo de la Asociación Aragonesa de Agricultura de Conservación).

de no estar bien distribuidos o si la siembra se realiza en malas condiciones pueden afectar al desarrollo del maíz (foto 5).

¿Qué tipo de fertilizante utilizo y cómo lo aplico?

La elección del tipo de abonado condicionará la rapidez con la que los nutrientes están disponibles para el cultivo. Por lo general, los formulados de síntesis química ofrecen una rápida disponibilidad de nutrientes pero también aumenta el riesgo de lavado y perderse en profundidad si se aplican en dosis altas.

En algunas parcelas en el valle del Ebro se han detectado problemas de nascencia en rodales de maíz en siembra directa asociados a la aplicación de algunos abonos localizados en la línea de siembra, cuya acidez puede afectar al desarrollo de las raíces. Fórmulas con inhibidores de la actividad microbiana como los inhibidores de la nitrificación o de la ureasa se están haciendo más conocidos por los agricultores por la ventaja que puede suponer un retraso en la conversión a la forma nítrica con mayor potencial de lavado.

En la mayoría de los casos los aportes de fertilizante se realizan con abonadoras. En este sentido, es fundamental regular de forma adecuada la máquina para aportar la dosis deseada. Un mal ajuste de la abo-

nadora echaría por tierra, nunca mejor dicho, todo el trabajo previo de cálculo preciso de la dosis a aplicar. Este error se magnifica cuando las dosis a aplicar son muy bajas, situación en la que una buena abonadora marca las diferencias.

Además de los macronutrientes, en el correcto desarrollo del maíz juegan un papel importante otros micronutrientes como los que se muestran en el cuadro III. Las extracciones son mucho menores, y en ocasiones se devuelven al suelo cuando se dejan los restos de cosecha, sin embargo es necesario tenerlas en cuenta, ya que el crecimiento se podría ver limitado bajo su carencia.

La asimilación de los nutrientes por



Foto 5. Aspecto del mal desarrollo de una planta de maíz por exceso de humedad y acumulación de fitosanitarios en la abundante cubierta (Foto: Lucas Andreoni).

parte de la planta aumenta el ritmo desde la siembra hasta la floración, momento en el que se producen las máximas extracciones (desde unos 15 días antes a unos 15 días después), es por ello que las aplicaciones del N fraccionado en cobertera son más efectivas y permiten a la planta tomarlo en los momentos clave, evitando su pérdida por lixiviación.

La fertilización con abonos orgánicos resulta interesante en mu-

chas zonas con excedentes ganaderos ya que además de fomentar su reciclado, ayudan a mejorar la estructura del suelo, su fertilidad y aumentan el potencial productivo de la parcela (Domingo y col., 2014). Sin embargo es recomendable co-

CUADRO III

EJEMPLO DE EXTRACCIÓN DE MICROELEMENTOS POR LA TOTALIDAD DE LA PLANTA EXPRESADOS EN kg/t GRANO (14% HUMEDAD) (BETRÁN, 2010).

Micronutrientes	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)	Azufre (S)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Zinc (Zn)	Cobre (Cu)
kg/t grano	6,3	8,0	2,3	0,34	0,03	0,03	0,01

nocer su composición para poder realizar un ajuste de las necesidades del cultivo. En muchos casos pueden sustituir totalmente las necesidades de P y K y hay que reducir las dosis de fertilizante nitrogenado que se aplique en cobertera. Existen técnicas rápidas para estimar de forma razonable el contenido de N mineral del purín porcino. Además de los fertilizantes mencionados, resulta cada vez más frecuente encontrar productos biofertilizantes a base de microorganismos en el mercado, el Real Decreto 999/2017 de 24 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 506/2013 de 28 de junio sobre productos fertilizantes, recoge en su anexo I la información que deben garantizar aquellos productos especiales basados en microorganismos.

Es de vital importancia conocer ensayos previos específicos de maíz a la hora de plantearse la utilización de uno de estos productos, que pueden contribuir, en suelos con baja actividad biológica, a una mayor fijación de N o absorción de P (en función del tipo de microorganismo) como se ha visto en ensayos realizados en el valle del Ebro.

Sin embargo, las altas exigencias nutricionales del maíz conllevan la necesidad de asegurar ciertos niveles de nutrientes en el suelo, pues una deficiencia provocará disminuciones del rendimiento. Por ello, se recomienda que los agricultores prueben los productos nuevos en pequeñas parcelas antes de "lanzarse" a usarlos a una escala mayor.

¿Soy capaz de realizar un correcto manejo del riego?

La aplicación del N en cobertera a través del sistema de riego es una de las técnicas más efectivas siempre y cuando se realice una correcta gestión del mismo. En función de las características del suelo, y de acuerdo a las necesidades hídricas del maíz en cada momento, se pueden esti-



Foto 6. Maíz de alto porte en Pallares de Monégros (Huesca).

mar con precisión las dosis y posturas de riego más adecuadas para cada sector.

Tomando como referencia los datos climáticos de estaciones meteorológicas cercanas, la metodología FAO permite calcular con exactitud estas necesidades. Gracias a la red de estaciones SIAR implantada hace ya algunos años, en la mayor parte de las CC.AA. existen páginas web donde pueden calcularse de forma sencilla las necesidades de riego semanales en distintas zonas regables. Es una herramienta que deberían utilizar todos los productores de maíz para una correcta gestión del riego.

A efectos prácticos es interesante resaltar el alto porte de algunas de las variedades actuales (foto 6), las plantas pueden actuar como pantalla en las zonas cercanas a los aspersores según la altura de éstos, impidiendo que el agua llegue correctamente a toda la superficie, es necesario que el productor ponga atención al respecto.

¿Conozco las herramientas disponibles para ajustar las dosis fertilizantes?

Además de los análisis de suelo, existen algunas estrategias para el ajuste de las

dosis fertilizantes, como puede ser la utilización de medidores sencillos del índice de verdor que puede relacionarse con el contenido de N en hoja, o el análisis de nitratos en la base del tallo de las plantas de maíz que puede servir para evaluar si el cultivo ha estado sobrefertilizado.

En el número 441 de *Vida Rural* fueron explicadas estas metodologías que es conveniente sean tenidas en cuenta por técnicos y agricultores, de forma complementaria a la inspección visual en campo y a los muestreos de suelo periódicos. El uso de estas tecnologías requiere unos ciertos conocimientos y en algunos casos la instalación de bandas de cultivo sobrefertilizadas para poder comparar con el estado de la parcela. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Betrán, J. 2010. Abonado de los cereales de primavera: maíz. En García-Serrano, P.; Delgado, Y.; Ruano, S.; Lloveras, J.; Urbano, P.; Pérez, M.; Ortiz, J.; Rodríguez, B.M. (coordinadores). Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Cela, S., Salmerón, M., Isla, R., Cavero, J., Santiveri, F., Lloveras, J. 2011a. Reduced nitrogen fertilization to corn following alfalfa in an irrigated semiarid environment. *Agronomy Journal*, 103(2): 520-528.
- Cela, S., Santiveri, F., Lloveras, J. 2011b. Optimum nitrogen fertilization rates for second-year corn succeeding alfalfa under irrigation. *Field Crops Research*, 123(2): 109-116.
- Domingo, F.; Roselló, A.; Ortiz, C.; González, E. 2014. Fertilización nitrogenada en cobertera del cultivo del maíz. *Vida Rural*, 374: 42-47.
- MAPA - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2017. ESYRCE: Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos. [En línea][Fecha de consulta: 26/11/2018]. Disponible en: https://www.mapsa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2017sm_tcm30-455983.pdf
- Isla, R.; Quílez, D. 2008. Cultivo de maíz y fertilización nitrogenada ¿es posible compatibilizar la rentabilidad y la protección del medio ambiente?. *Surcos de Aragón*, 100: 26-30.
- Lloveras, J.; Cela, S.; Berenguer, P.; Blau, A.; Santiveri, F.; Guillén, M.; Quílez, D.; Isla, R. 2012. Recomendaciones prácticas para la fertilización del maíz. *Vida Rural*, 340: 24-30.
- Lloveras, J.; Isla, R. 2012. Fertilización en maíz. *Tierras*, 190: 42-46.
- Maresma, A.; Santiveri, F.; Michelena, A.; Lloveras, J. 2016. Optimización de la fertilización nitrogenada en sistemas de doble cultivo maíz-cebada. *Vida Rural*, 408: 28-34.
- Martínez de la Cuesta, E.; Yakoub, A.; Maresma, A.; Santiveri, F.; Lloveras, J. 2015. La fertilización nitrogenada del maíz y el nitrógeno residual del suelo. *Vida Rural*, 390: 46-52.
- Salmerón, M.; Isla, R.; Cavero, J. 2015. Uso de cultivos cubiertos en maíz para mejorar la eficiencia en el uso del nitrógeno. *Vida Rural*, 390: 38-45.
- Villar, J.M.; Villar, P.; Rufat, J.; Pascual, M. 2018. Fertilización del maíz en regadío con un objetivo productivo elevado. *Vida Rural*, 441: 30-36.