

EXPERIMENTACIÓN

Fertilización del cereal de invierno: recomendaciones de fósforo y potasio

Resultados de los ensayos de experimentación de INTIA

Nerea Arias Fariñas, Pablo Echarte Zubillaga, Lucía Sánchez García
y Luis Orcaray Echeverría. *INTIA*

La fertilización de los cultivos extensivos de invierno tiene un peso económico importante en los costes de producción, lo que conlleva que las personas productoras tengan que tomar una serie de decisiones importantes cada campaña. Además, en el momento actual de aumento de precios de los insumos agrícolas, entre ellos los abonos minerales, la realización de una gestión razonada de la fertilización puede ser un elemento esencial en la rentabilidad de las explotaciones.

En el caso de la fertilización fosfo-potásica, es necesario garantizar una nutrición no limitante de la producción de los cereales de invierno, pero de manera racional. Esto quiere decir que se debe asegurar el mantenimiento de la producción, pero estableciendo una dosis que permita optimizar esa rentabilidad, minimizando los posibles impactos ambientales y que a su vez pueda conservar la fertilidad del suelo a medio y largo plazo.

En este artículo se ofrece un resumen de los resultados de los ensayos de fósforo y potasio que INTIA lleva realizando en cultivos extensivos desde hace más de 30 años. Estos resultados permiten realizar un ajuste de la fertilización fosfo-potásica basada en las recomendaciones de abonado que tienen en cuenta las necesidades y exigencias del cultivo, el contenido en fósforo y potasio del suelo y la gestión de los residuos de cosecha.



PLAN DE ABONADO

A la hora de elaborar un plan de abonado, éste debe responder a diferentes cuestiones como la cantidad de nutriente que se tiene que aplicar a un cultivo, cuándo se debe aplicar y con qué productos se puede aplicar. Las respuestas a estas preguntas no son únicas, sino que dependen de diversos factores como el tipo de cultivo, la fecha de siembra, la rotación de cultivos, las características del suelo y la climatología específica de cada explotación.

Por tanto, para realizar un plan de abonado fosfo-potásico para los cultivos extensivos de invierno, es necesario conocer las extracciones de estos nutrientes por parte de los cultivos, su comportamiento en el suelo y el nivel de fertilidad del mismo, así como las restituciones realizadas al sistema. Es decir, es necesario realizar un balance de nutrientes que incluya tanto las aportaciones realizadas al sistema como las exportaciones por parte del mismo.

La sociedad pública INTIA lleva más de 30 años realizando experimentación práctica sobre el balance de nutrientes. Estos ensayos de fertilización a largo plazo son los que permiten establecer las recomendaciones de dosificación y momento de aporte de fósforo y potasio para los cultivos extensivos de invierno.

CONSIDERACIONES PARA EL BALANCE DE NUTRIENTES

A la hora de ajustar los aportes de fósforo y potasio hay que tener en cuenta varios aspectos: las necesidades del cultivo, el contenido de nutrientes en el suelo, la exigencia de los cultivos y las exportaciones de los mismos.

Necesidades de los cultivos

Tanto el fósforo como el potasio son nutrientes imprescindibles para los cultivos ya que, en

el caso del fósforo, favorece el desarrollo radicular, la floración y el cuajado, así como la maduración. Por su parte, el potasio es utilizado para el crecimiento de las plantas, favoreciendo su resistencia a sequía y heladas, además de intervenir en los parámetros de calidad del grano de los cereales.

La cantidad de fósforo y potasio que se debe aplicar con los fertilizantes, depende en primer lugar de las extracciones que realizan los cultivos. Para su cálculo se valora cuánta cantidad de nutriente extrae el cultivo por tonelada de producción comercial. De esta manera, considerando su potencial productivo medio, se puede calcular la cantidad de nutriente que extraerá un cultivo.

Contenido del suelo

Una vez que se conocen las cantidades de nutrientes que el cultivo extrae, el siguiente paso es conocer el suelo y su fertilidad para saber las cantidades de nutrientes disponibles en el mismo de manera que se pueda ajustar el balance de nutrientes.

El suelo a menudo contiene importantes reservas de estos elementos, pero no todo está inmediatamente disponible para los cultivos. Las plantas sólo pueden absorber el fósforo disuelto en la solución del suelo en forma de ion fosfato (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}). Normalmente se da un equilibrio entre la forma asimilable y la no asimilable. Cuando se aporta un fertilizante mineral fosforado sube la concentración de ion fosfato en la solución del suelo, pero tiende a pasar a una forma insoluble manteniendo el equilibrio inicial. Y viceversa, si el cultivo absorbe este elemento y no hay aporte, el fósforo insoluble tiende a compensar el descenso de fósforo soluble extraído por el cultivo. Por esta razón los cambios en el contenido del fósforo disponible en el suelo suelen ser muy lentos. Esto origina frecuentemente una ausencia de respuesta al abonado con estos elementos a corto plazo. Salvo en suelos deficitarios, se requieren varios años para comprobar los efectos de los aportes realizados sobre la evolución del contenido del suelo o la respuesta



del cultivo (Artículo [Fertilización con fósforo y potasio en cultivos extensivos de invierno. Navarra Agraria N. 230, septiembre-octubre 2018](#)).

Por ello, es importante plantear la fertilización de estos nutrientes de manera que se consiga un nivel de fósforo y potasio asimilable en el suelo que permita la correcta nutrición del cultivo, pero manteniendo su nivel de fertilidad. En este sentido, es de gran utilidad la realización de un análisis de suelo de las parcelas de cultivo, en un laboratorio y con unos métodos de análisis homologados que indiquen el contenido de nutrientes del suelo. En función del valor obtenido, se puede clasificar al suelo como pobre, medio o rico para el cultivo de cereales a partir de la experimentación llevada a cabo por INTIA desde hace más de 30 años. De esta manera se puede adaptar la estrategia fertilizante evitando errores tanto por defecto como por exceso.

Exigencia del cultivo

La exigencia por parte de un cultivo de un nutriente se refiere no a la cantidad que absorbe sino a su capacidad de absorción.

No todos los cultivos son igual de exigentes a la fertilización fosfo-potásica. Esto no significa que los cultivos más exigentes absorban más fósforo o potasio que aquellos menos sensibles, sino que, ante un contenido deficitario en el suelo, el cultivo más exigente tendrá unas mayores pérdidas de producción que el cultivo menos exigente.

En la **Tabla 1** se muestra el nivel de exigencia de diferentes cultivos al fósforo y al potasio.

Extracciones de los cultivos

A la hora de realizar los balances de nutrientes es necesario diferenciar entre:

- Necesidades de un cultivo: cantidad que un cultivo extrae de un elemento nutritivo para alcanzar un rendimiento determinado.

Tabla 1. Clasificación de los principales cultivos extensivos de invierno según su exigencia en fósforo y potasio

Exigencia	Fósforo	Potasio
Fuerte	Colza	
Media	Trigo tras trigo	Colza
	Trigo duro	Girasol
	Cebada Guisante	
Baja	Trigo blando	Trigo
	Avena	Avena
	Girasol	Cebada
		Trigo duro

Fte: Castillon et al., 1995. *Aide au diagnostic et a la prescription de la fertilisation phosphatée et potassique des grandes cultures*. Ed. COMIFER

- Exportaciones de un cultivo: cantidad de un elemento contenida en las partes del cultivo que se llevan de la parcela (grano, paja) con la cosecha.

Este concepto es importante ya que, en la gestión de los cultivos extensivos de invierno, las extracciones (necesidades) no son necesariamente iguales a las exportaciones. Esto depende del manejo de los residuos del cultivo. Por ejemplo, si se incorpora la paja de un cereal al suelo, se restituye al suelo parte del potasio que el cultivo ha extraído y por lo tanto se debe reducir del abonado.

MOMENTO DE APLICACIÓN

Para definir el momento idóneo del aporte de cada uno de los nutrientes es indispensable conocer su funcionamiento en el sistema.

Los nutrientes son absorbidos por los cultivos durante todo su ciclo, pero en el caso del fósforo tiene más interés en las primeras fases de desarrollo para conseguir una buena implantación del mismo. En Navarra, de manera general, los suelos suelen presentar contenidos elevados de potasio. Esto hace que el fósforo se convierta en el elemento más crítico en el abonado de fondo ya que, en estados precoces del cultivo, una deficiencia tiene mayor efecto en el rendimiento. Es por ello que el abonado de fondo se suele ajustar a este elemento.

Una de las características de estos nutrientes es que no se pierden por lavado lo cual permite la posibilidad de realizar un balance plurianual para la rotación de cultivos.

ENSAYOS DE LARGO PLAZO

INTIA mantiene dos ensayos de largo plazo con el mismo diseño experimental, uno de fertilización fosfatada desde 1992 (31 años) y otro de fertilización potásica desde 1986 (37 años), en la finca que gestiona en Ilundáin / Ilundain. Se trata de una parcela de secano húmedo. Los cultivos a lo largo de estos años han sido mayoritariamente trigo y cebada, aunque también se ha sembrado avena, colza y girasol. El diseño de los dos ensayos es el mismo y consiste en un diseño factorial donde se ensayan 3 dosis de fósforo o potasio con 4 frecuencias de aporte.

Dosis:

- 50 kg P₂O₅ o K₂O por hectárea (R: restituciones).
- 100 kg P₂O₅ o K₂O por hectárea (2R).
- 150 kg P₂O₅ o K₂O por hectárea (3R).

Frecuencia de aporte:

- Todos los años (F1).
- Cada 2 años (F2).
- Cada 3 años (F3).
- Cada 4 años (F4).

Además, cada ensayo tiene un tratamiento testigo (T-0) en el que no se aporta fósforo o potasio.

Gráfico 1. Producción obtenida respecto a la dosis de restitución (R) de fósforo de los tratamientos anuales.

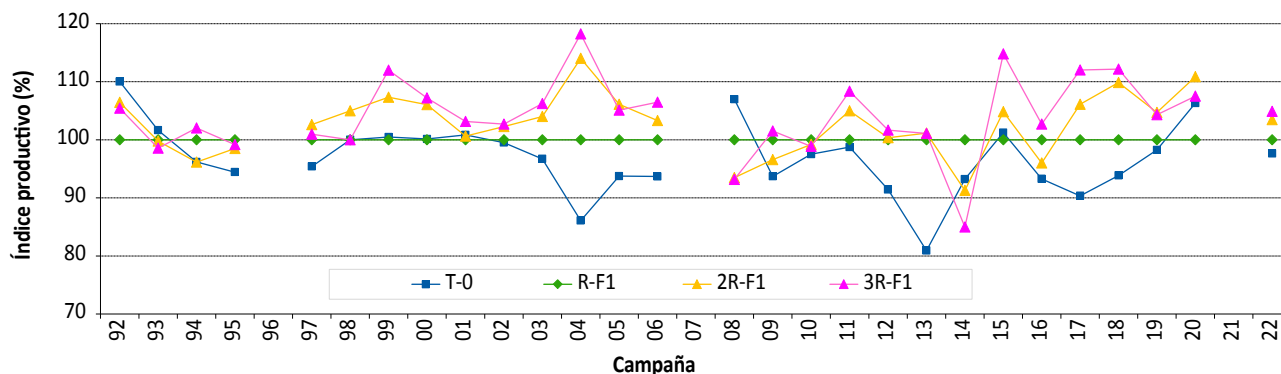
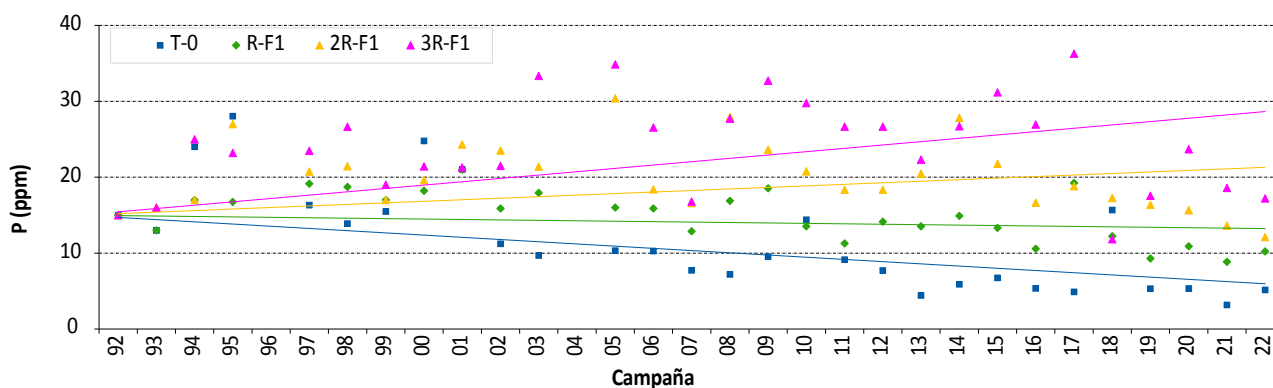


Gráfico 2. Evolución del contenido de fósforo en el suelo de los tratamientos con frecuencia de aplicación anual.



ppm de P, método Olsen

Ensayo de fósforo a largo plazo

En el ensayo de fósforo se aplica a todos los tratamientos 50 kg K₂O/ha en forma de cloruro de potasa 60 % en fondo. El fósforo se aplica en forma de Superfosfato 45 %. Se considera que la dosis de restitución de la zona, con una producción media de 5.000 kg/ha de trigo, es de 50 kg P₂O₅/ha.

En el **Gráfico 1** se muestra la producción obtenida en el ensayo desde 1992, para los tratamientos T-0, R, 2R y 3R, aplicados con frecuencia anual (F1). Para eliminar la variabilidad debida a los diferentes cultivos y campañas climáticas, el valor de producción se expresa en porcentaje, de modo que se le da un valor de 100 a la producción del tratamiento R (restituciones), y el resto se expresa en porcentaje respecto a esta producción.

En dicho gráfico no se observan grandes diferencias en la producción de los tratamientos estudiados. Cabe destacar que la producción del testigo (T-0), al que no se aporta nada de abono fosfatado, tiende a disminuir en aquellos años en los que se siembra un cultivo exigente en fósforo o en campañas con altos rendimientos. Los tratamientos que aplican el doble (2R) o el triple (3R) de la dosis de restitución presentan incrementos de rendimiento del 2 % y del 4 % respectivamente con respecto a dicha dosis. El rendimiento medio de los 31 años de estudio es de 5.230 kg/ha.

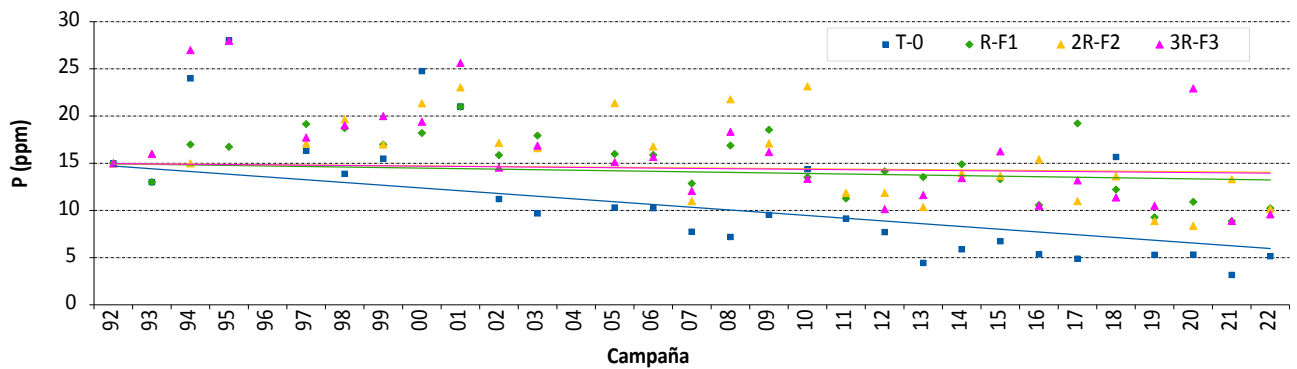
Con respecto a los niveles de fósforo del suelo, se ha observado que en el tratamiento testigo que no recibe aportes de fósforo, el contenido del mismo va disminuyendo de manera progresiva. Por el contrario, cuando se aplica la dosis de restitución (R), el contenido de fósforo se mantiene o incluso aumenta de la misma manera que sucede cuando se aportan dosis más elevadas (2R y 3R), tal y como se puede observar en el **Gráfico 2**.

Los resultados de este ensayo indican que la dosis de restitución recomendada (10 kg de P₂O₅ por tonelada de grano producido; 50 kg P₂O₅ para 5.000 kg/ha) es capaz de mantener el nivel productivo de la parcela además de mantener el contenido de fósforo del suelo. Cuando se aplican dosis superiores de fósforo el suelo se va enriqueciendo, pero es un gasto innecesario, ya que el aumento de producción conseguido no es significativo. Por tanto, el ajuste a la dosis de restitución a suelos de fertilidad media evita costes innecesarios y evita posibles daños medioambientales asociados al exceso.

Por otro lado, se observa una disminución del contenido de fósforo en el suelo cuando no se realizan aportaciones de manera sistemática, es decir, se produce una pérdida de fertilidad del mismo.

Dado el carácter relativamente inmóvil del fósforo en el suelo que permite la realización de balances plurianuales, es necesario comprobar si la aplicación anual de la dosis de restitución

Gráfico 3. Evolución del contenido de fósforo en el suelo de diferentes dosis y frecuencias.



ppm de P, método Olsen

(R-F1) en un cereal podría ser equiparable a una aplicación del doble de cantidad cada 2 años (2R-F2), o del triple cada 3 años (3R-F3). Tras 31 años de ensayo, los resultados muestran que los rendimientos no sufren grandes variaciones entre aplicar el fósforo de manera anual o hacerlo plurianualmente (datos no mostrados). Además, tal y como se puede observar en el **Gráfico 3**, el contenido de fósforo en el suelo no varía en función de la frecuencia del aporte siempre y cuando se restituyan las extracciones del cultivo. Por lo tanto, se puede conseguir un nivel constante de fósforo en el suelo con un aporte de este elemento nutritivo cada varios años en suelos medios o ricos, siempre y cuando la dosis aportada se calcule en función del número de años para el que se aplica.

Ensayo de potasio a largo plazo

En el ensayo de potasio todos los tratamientos recibieron 50 kg P₂O₅/ha en forma de Superfosfato 45 % en fondo. El potasio se aplica en forma de cloruro de potasa 60 %. Se considera que la dosis de restitución de la zona, con una producción media de 5.000 kg/ha de trigo, es de 50 kg K₂O/ha.

Los resultados de rendimiento del ensayo entre las diferentes dosis de aplicación de potasio T-0, R, 2R y 3R y las diferentes frecuencias de aplicación F1, F2, F3 y F4 son similares para los diferentes tratamientos (datos no mostrados). El rendimiento medio del ensayo desde el inicio en 1992 es de 5.370 kg/ha.

En el **Gráfico 4** se muestra la evolución del contenido de potasio del suelo tras 37 años de ensayo. En dicho gráfico es posible observar cómo el contenido de potasio en el suelo aumenta para todos los tratamientos, incluso en aquel en el que no se realizan aportaciones de este nutriente (T-0). En 1986, el año de comienzo del ensayo, el contenido de potasio en el suelo era de 183 ppm de K. La media de los últimos cinco años muestra que en el tratamiento testigo el contenido en potasio (en forma de K) es de 232 ppm, en la dosis de restitución (R) es 247 ppm, en la dosis doble (2R) es 257 ppm y en la dosis triple (3R) es 280 ppm. Por tanto, son valores que se corresponden con un suelo rico en potasio, y cuyo aumento sistemático, incluso a pesar de no recibir aportes externos, puede explicarse por la

liberación de este nutriente por parte de los minerales primarios que conforman el suelo.

En Navarra, debido al tipo de suelos existente, es posible encontrar suelos cuyos contenidos de potasio suelen ser medios-altos. En estas condiciones, por tanto, no es necesario abonar con potasio los cultivos extensivos de invierno.

RECOMENDACIONES DE ABONADO

Los resultados de los ensayos de largo plazo han permitido el establecimiento de una serie de recomendaciones en la fertilización del fósforo y del potasio.

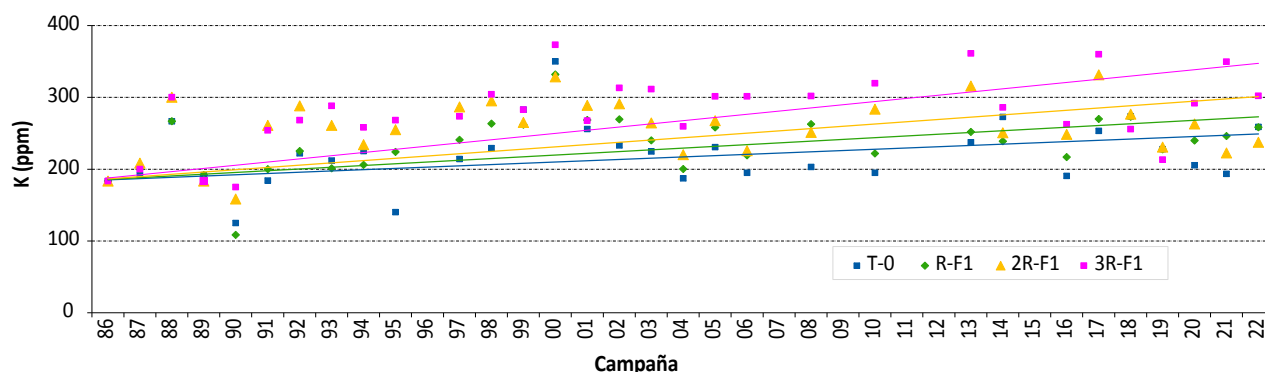
En base al conocimiento de las extracciones de nutrientes que realizan los cereales, es posible realizar la reducción del abono en función del manejo de los residuos de cosecha. Tal y como se puede observar en la **Tabla 2**, si se retira la paja, se aportarán 10 kg P₂O₅ y 18 kg K₂O por tonelada de grano cosechado. Mientras que, si la práctica habitual es la incorporación de la paja, se aportarán 8 kg P₂O₅ y 6 kg K₂O por tonelada de grano cosechado.

Tabla 2. Trigo y cebada: extracciones de fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O) por tonelada de grano.

Parte del cultivo	Extracciones (kg/t grano)	
	P ₂ O ₅	K ₂ O
Grano	8	6
Paja	2	12
Total	10	18

Por otro lado, los resultados de los ensayos muestran que la respuesta productiva del cultivo al aporte de fósforo y potasio está relacionada con el contenido en el suelo de dichos nutrientes. Para estos elementos es de gran utilidad contar con un análisis de suelo ya que se ha categorizado el suelo en diferentes niveles de riqueza, que son válidos para el cereal de invierno, y a partir

Gráfico 4. Evolución del contenido de potasio en el suelo de los tratamientos con aporte anual (F1).



ppm de K, método Acetato amónico

de los cuales se puede adaptar la dosis de fertilizante aplicada de la siguiente manera (Tabla 3).

- Suelos ricos: no se espera respuesta productiva al aporte anual en suelos por encima de este nivel. Es posible reducir las dosis fertilizantes incluso suprimirlas durante varios años sin perder productividad, aunque, transcurrido este tiempo, es necesario realizar un nuevo análisis de suelo para adaptar la estrategia de fertilización en función del contenido en suelo.
- Suelos medios: la respuesta productiva al aporte es incierta por lo que se recomienda restituir las exportaciones.
- Suelos pobres: hay respuesta productiva al aporte por lo que es necesario restituir las exportaciones e incluso aportar un 20 % más de la dosis con el objetivo de incrementar el contenido de fósforo y/o potasio a largo plazo.
- Suelos muy pobres: la respuesta del cultivo a la aportación de fósforo y potasio es casi segura por lo que conviene realizar aportes anuales y además incrementar un 50 % más las exportaciones.

Además, los resultados obtenidos del ensayo de largo plazo de Ilundáin / Ilundain en conjunto con los de otros ensayos realizados en las diferentes zonas agroclimáticas de Navarra muestran que, de manera general, en cultivos extensivos de invierno, se puede prescindir del aporte de potasio ya que no hay respuesta al aporte del mismo.

Al ser el fósforo y el potasio elementos poco móviles, es posible realizar un balance de aportaciones y exportaciones plu-

riuales siempre y cuando los suelos presenten contenidos medios o ricos de estos nutrientes. En el caso de las siembras de cultivos alternativos, que de manera general suelen ser más exigentes en estos elementos, habrá que realizar de manera sistemática los aportes de fósforo y potasio que requieran.

No hay que olvidar que los abonos orgánicos son una fuente de materia orgánica y nutrientes. Es por ello que, si se realizan aportes en las parcelas de cultivo, es necesario ajustar el balance de nutrientes, descontando de la dosis de abonado mineral que se vaya a aplicar la cantidad aportada correspondiente al fósforo y potasio asimilable incorporado.

CONCLUSIONES

Dada la importancia de la fertilización en la rentabilidad de las explotaciones, es necesario llevar a cabo un correcto balance de nutrientes. Para ello, se han de tener en cuenta las necesidades del cultivo, la fertilidad del suelo, el manejo de los restos de cosecha y el empleo previo de abonos orgánicos. En este artículo se pone de manifiesto la importancia de los resultados obtenidos por INTIA en los ensayos de largo plazo para poner a disposición de los profesionales del agro la información y herramientas necesarias que les permitan precisar cada uno de los aspectos a tener en cuenta dentro de un plan de abonado.

Tabla 3. Clasificación de los suelos en función de su contenido en fósforo y potasio y recomendación de abonado según esa clasificación.

Clasificación suelo	Fósforo (ppm)		Potasio (ppm)		Dosis Recomendada
	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	
Muy pobre	< 6	< 14	< 70	< 84	50 % más de restitución
Pobre	6 - 12	14 - 27	70 - 100	84 - 120	20 % más de restitución
Medio	12 - 18	27 - 41	100 - 150	120 - 180	Restitución
Rico	> 18	> 41	> 150	> 180	Nada

ppm de P, método Olsen; ppm de K, método Acetato amónico