

de cultivos extensivos

ITG AGRÍCOLA: Iosu Irañeta, Angel Santos, Arturo Segura, Raimundo Sáez, Javier Delgado, Alvaro Benito.

GOBIERNO DE NAVARRA (D.A.G.A.): José Luis San Agustín.

Normalmente encontramos escasas referencias técnicas para el ajuste de la fertilización de fósforo (P) y potasio (K). Esto origina que frecuentemente se aporten los fertilizantes fosfo-potásicos según la costumbre adquirida campaña tras campaña con los mismos productos y dosis.

En el presente artículo pretendemos recoger los conocimientos actuales sobre el tema y marcar las bases para racionalizar la fertilización fosfo-potásica, que debe cubrir tres grandes objetivos. El primero, garantizar una alimentación mineral no limitante de la producción de los cultivos. El segundo, conservar la fertilidad del suelo a medio y largo plazo. El tercero, evitar el impacto medioambiental de la aplicación indiscriminada de fertilizantes.

Recordemos que nos estamos refiriendo a cultivos extensivos, por tanto al tratarse de grandes superficies pequeños ajustes en la dosis permiten importantes ahorros económicos en fertilizantes.

DINÁMICA DEL FÓSFORO Y POTASIO EN EL SUELO

1



En el suelo se encuentran importantes cantidades de fósforo y potasio. Sin embargo, solamente una pequeña parte de las mismas es utilizable por las plantas. Podemos distinguir en el suelo una fracción sólida (orgánica o mineral) y otra fracción líquida, también denominada solución del suelo. Los cultivos son capaces de absorber únicamente los elementos que se encuentran en dicha solución.

Existe en el suelo un equilibrio entre la proporción de nutrientes de la fase sólida y líquida. Este estado de equilibrio es propio de cada suelo. Cada vez que aportamos fósforo o potasio al suelo por encima del valor de equilibrio, una parte de ese elemento pasa de la parte líquida a la sólida. El nutriente queda integrado en la estructura mineral. La cantidad transferida será mayor cuanto mayor sea el tiempo de contacto entre el suelo y la aportación, hasta llegar a un valor de equilibrio próximo al observado

en ausencia de aporte. Este bloqueo se denomina retrogradación del fósforo y fijación del potasio.

Cuando añadimos un fertilizante fosfo-potásico al suelo las plantas disponen de dos fuentes nutritivas, el abono y el fósforo o potasio biodisponible del suelo. Durante el año que sigue al aporte, el cultivo solamente utiliza del 0-20 % del fósforo y del 15-30 % del potasio aportados. A este porcentaje se le denomina coeficiente real de utilización.

Bases de razonamiento

Las bases del razonamiento de la fertilización fosfo-potásica han evolucionado durante estos últimos años. Si fijamos como objetivo garantizar una alimentación no limitante de los cultivos, es decir sin penalizar la producción, este razonamiento debe basarse sobre tres criterios:

1. - Exigencia del cultivo.

VAMOS A DIVIDIR EL ARTÍCULO EN 3 PARTES:

1. - Principios de la fertilización fosfo-potásica.
2. - Experimentación del ITGA en los últimos 14 años (1986-2000).
 - Planteamiento inicial
 - Ensayos a largo plazo
 - Resultados de los ensayos
 - Suelo
 - Producción
3. - Recomendaciones prácticas.
 - Por extracciones
 - Por contenido en suelo

Debemos aportar el abono en proporción a la cosecha obtenida.

2. - Análisis de suelo.

3. - Balance aportaciones y exportaciones.

- Restitución restos de cosecha.
- Aportación de otros restos orgánicos.
- Aportaciones recientes.

1 - La exigencia de la especie cultivada.

Vamos a definir primero algunos conceptos utilizados.

LAS NECESIDADES DE UN CULTIVO. Son las cantidades que un cultivo extrae de un elemento nutritivo para alcanzar un rendimiento determinado.

LA EXPORTACIÓN. Significa la cantidad de un elemento contenida en los productos vegetales que nos llevamos de la parcela: grano, paja... Parte de las extracciones realizadas por el cultivo, como las raíces, las dejamos en la finca. Las exportaciones serán siempre más bajas que las necesidades. Se presentan las exportaciones de los cultivos extensivos en el cuadro nº 4.

LA EXIGENCIA. Esta noción explica la sensibilidad de las especies a una restricción de abonado, o la necesidad de reforzar la dosis para un cultivo exigente. Se debe a una mayor o menor aptitud del cultivo para extraer un elemento nutritivo del suelo en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades. Un cultivo poco exigente será capaz de satisfacer sus necesidades con un contenido en suelo relativamente bajo, es decir que tiene mayor capacidad de absorción de ese elemento.

Los ensayos a largo plazo han demostrado diferente comportamiento de los distintos cultivos frente a la fertilización fosfo-potásica. Si prescindimos del abonado de estos elementos en una misma parcela, no tiene las mismas consecuencias si se cultiva trigo, colza o remolacha. Algunos cultivos se ven poco penalizados, mientras que otros lo son mucho.

La exigencia de una especie no debe confundirse con sus necesidades: un cereal puede absorber 300 kg de K₂O y permanece, sin embargo, poco sensible al hecho de haberse suprimido un abonado potásico.

En la exigencia de un cultivo intervienen varios factores:

1. - **Características del sistema radicular** y forma de funcionamiento de la especie.
2. - **La capacidad de las raíces** para absorber el elemento del suelo en función de su biodisponibilidad.

3. - La influencia del estado de nutrición de la planta sobre la forma de elaboración del rendimiento.

Para un cultivo exigente, suprimir una vez la fertilización originará fuertes pérdidas de producción. Por tanto resulta obligatoria la aportación de fertilizantes, incluso en cantidades superiores a sus exportaciones.

Para un cultivo poco exigente, suprimir una vez la fertilización no provocará pérdidas o estas serán muy escasas. Pequeñas dosis de fertilizante serán suficientes para asegurar una alimentación correcta. En el cuadro nº 1 mostramos el grado de exigencia de algunos de los cultivos más extendidos.

Cuadro 1. Clasificación de exigencia de los cultivos COMIFER.1995 (Comité francés para el estudio de la fertilización racionada)

FÓSFORO	
Muy exigentes	Colza, alfalfa, remolacha.
Medianamente exigentes	Trigo tras trigo, trigo duro, maíz cebada, guisante, sorgo.
Poco exigentes	Avena, trigo blando, girasol.
POTASIO	
Muy exigentes	Remolacha
Medianamente exigentes	Colza, alfalfa, maíz, guisante girasol.
Poco exigentes	Avena, trigo duro, trigo blando, cebada, sorgo.

Los cultivos hortícolas son en general muy exigentes en P y K.

2 - El análisis de suelo.

Resulta una herramienta indispensable para racionalizar el abonado en función del contenido del suelo. Sin embargo, para que sea fiable, requiere ser muy meticuloso en el proceso: toma de muestras representativas, análisis de laboratorio e interpretación de resultados. (Ver proceso de toma de muestras)

El contenido en suelo facilitado por el análisis de tierra es el indicador de la disponibilidad en el suelo. Debe considerarse el nivel de exigencia de cada cultivo para establecer la norma de interpretación.

ANÁLISIS DE LABORATORIO. Los métodos de análisis utilizados en los laboratorios intentan medir el fósforo y potasio utilizable en el suelo por los cultivos o biodisponibilidad.

CONCEPTO DE BIODISPONIBILIDAD: Se entiende por biodisponible toda la especie química presente en el suelo que puede ser absorbida por un vegetal. Dicho de otra forma, se admite que la reserva biodisponible está constituida por el conjunto de iones fosfóricos y potásicos susceptibles de unirse a la solución del suelo en un espacio de tiempo compatible con la duración de la actividad radicular.

Para medir esta biodisponibilidad, los laboratorios utilizan unos reactivos que imitan la capacidad de extracción de las plantas. Es el dato que se nos presenta en los análisis como fósforo o potasio asimilable. Pueden utilizar distintos reactivos más o menos agresivos que originarán distintos resultados.

En nuestro caso vamos a utilizar siempre el método Olsen para el fósforo y Acetato amónico para el potasio. Se han elegido éstos por resultar adecuados a nuestras condiciones de suelo con pH alcalino cercano a 8. Son los métodos que utilizan los laboratorios de nuestro entorno.

Debemos tener en cuenta que para interpretar un análisis de suelo resulta imprescindible que la muestra haya sido analizada con el mismo método con el que se ha elaborado la norma de interpretación, de lo contrario ésta no es válida.

Para elaborar la norma de interpretación se parte de ensayos a largo plazo que se explicarán más adelante.

3 - Balance de las aportaciones-exportaciones en la rotación.

Es el principio básico de la fertilización fosfo-potásica. Debemos equilibrar las aportaciones con las exportaciones del cultivo a lo largo de una rotación, 4 ó 5 años. Resulta fundamental para valorar si las aportaciones que venimos haciendo sistemáticamente resultan excesivas, equilibradas o deficitarias. Las exportaciones de los diferentes cultivos deberemos cubrir con aportaciones minerales u orgánicas, excepto cuando partamos de suelos ricos.

Para la realización del balance, además de las exportaciones deberemos valorar el pasado reciente de fertilización, las restituciones de los restos de cultivo y otras aportaciones orgánicas.

■ La restitución de los restos de cosecha

Cuando una especie es cultivada por su grano, la mayor parte del fósforo extraído por el cultivo está presente en el grano, en consecuencia es exportado. Por el contrario la mayor parte del potasio (80-90%) está contenido en los tallos y en las hojas bajo una forma muy soluble. La restitución de los residuos de la cosecha anterior equivale a un aporte importante de potasio. Durante las primeras fases de descomposición del residuo se libera potasio en

Toma de muestras: Metodología para cultivos herbáceos.

Se trata del punto de partida clave para que los resultados sean representativos. Debe realizarse con sumo cuidado y meticulosidad.

1. - **Delimitar la zona de muestreo.** Debemos dividir la finca en estudio en zonas de características uniformes. Si disponemos de una finca con varios tipos de suelo, haremos un muestreo del más representativo sin mezclarlo con los otros. Si deseamos analizar el otro tipo de suelo, deberemos tomar otra muestra independiente.

2. - **Epoca de muestreo.** Debe realizarse siempre en la misma época del año. En el caso de cereales la más lógica resulta el período entre recolección y el abonado de fondo, necesariamente debe ser previo a éste. Cuando se repitan análisis al cabo de unos 5 años la recogida de muestras debe hacerse tras el mismo tipo de cultivo precedente (cereal, girasol...).

3. - **Herramienta de muestreo y profundidad.** Se utilizará una sonda adaptada para muestreos de 0-25 cm.

4. - **Número de submuestras y recogida de las mismas.** La muestra debe estar compuesta como mínimo de 15 a 20 submuestras recogidas en zigzag por toda la zona homogénea de la parcela. Es importante no disminuir el número de submuestras mencionado para que el resultado sea representativo. Deben eliminarse los restos vegetales.

5. - **Cantidad de tierra.** Una vez recogidas todas las submuestras se mezclan bien en cubo perfectamente limpio y se toman únicamente unos 500 gramos para análisis de P y K ó 1 kg para análisis completo, tirando el resto de tierra.

6. - **Muestra húmeda.** Si la muestra se toma con mucha humedad debe dejarse la bolsa abierta unos días para que se seque.

7. - **Envasado.** Deben utilizarse bolsas de plástico limpias, que no hayan sido utilizadas ni con abonos ni con productos de limpieza.

8. - **Etiquetado.** La muestra debe ir perfectamente identificada con un rotulador que no se borre si se escribe sobre el plástico o resistente al agua si se escribe sobre etiqueta de papel. En este último caso debe duplicarse la etiqueta, una en el interior y otra en el exterior de la bolsa.

9. - **Información complementaria.** La interpretación de los datos analíticos requiere una información complementaria que debe aportarla el agricultor. Para cada muestra se debe rellenar la ficha de identificación que aportará la cooperativa. Servirá para la creación de una base de datos que nos permita en un futuro el seguimiento de la fertilidad de cada parcela cuando se repita el análisis.

10. - **Elección de laboratorio.** La muestra debe enviarse a un laboratorio que utilice los métodos oficiales. Olsen para el fósforo y Acetato amónico para el potasio. Para interpretar los resultados debe estar calibrado con nuestro laboratorio de referencia: Laboratorio de NASERSA.

una forma idéntica a la de un abono potásico. Por ejemplo, si incorporamos la paja, un trigo de 4.000 kg/ha restituimos en torno a 80 U.F. de K₂O.

Las aportaciones orgánicas

Debemos considerar los aportes de fósforo y potasio procedentes de los residuos ganaderos como equivalentes a los aportados con los abonos minerales. Por tanto, cuando aportemos estos residuos deberemos reducir o eliminar la aportación mineral. Por ejemplo, como apareció publicado en el artículo sobre el valor agronómico de los purines de porcino (Navarra Agraria nº115), con 50 m³ del mencionado purín por hectárea, aportaremos fósforo y potasio para 3 años de cultivo de cereal, debiendo prescindir durante este período del abono mineral. (Gráfico 1)

Para calcular el valor fertilizante de estos residuos es necesario conocer su composición (Cuadro 2), las dosis aportadas y la parte utilizable por los cultivos. De forma general la eficacia del potasio se considera equivalente a la del abono mineral.

Para el fósforo, ciertas formas orgánicas son difícilmente degradables a corto plazo y según el producto sólo una fracción de la aportación tiene el mismo efecto sobre el cultivo que un abono mineral (Cuadro 3).

Mostramos en el cuadro 2 el contenido medio de algunos residuos en fósforo y potasio.

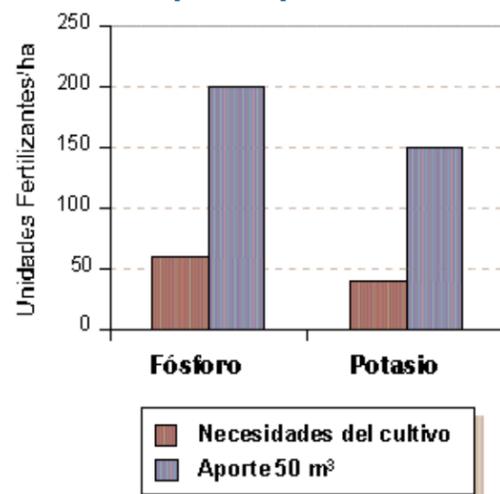
Cuadro 2. Contenido de fósforo y potasio de distintos residuos por tonelada de producto bruto. Valores medios.

Tipo de residuo	kg/t de P ₂ O ₅	Kg/t de K ₂ O
Estiércol de vacuno	3,5	6
Estiércol de ovino	4	11
Gallinaza	21	21
Purín de porcino	4	3
Purín de vacuno	2,8	5
Purín de gallinaza	12	7
Lodo de depuradora	11	1,3

Pasado reciente de la fertilización

El balance entre las aportaciones y exportaciones de las campañas precedentes nos permitirá ajustar el aporte para el cultivo que vamos a implantar. Si las aportaciones superan claramente las exportaciones podremos reducir las dosis o incluso prescindir del aporte.

Gráfico 1. Aporte de Fósforo y Potasio del purín de porcino



Con 50 m³ de purín porcino aportamos fósforo y potasio para tres años.

Cuadro 3. Equivalencia del fósforo procedente de los residuos con el abono mineral.

Tipo de residuo	% de equivalencia
Estiércol de vacuno	100
Estiércol de ovino	100
Purín de porcino	85
Purín de vacuno	85
Purín de gallinaza	65
Lodo de depuradora	100

Los abonos aportan los elementos bajo formas idénticas a las de la fase líquida del suelo, las más eficaces para la alimentación de los cultivos.

Sin embargo, las leyes que rigen la dinámica de estos elementos en el suelo, muestran que el fósforo y potasio aportados por los abonos solubles evolucionan hacia formas cada vez menos disponibles.

La velocidad de estas transformaciones, variable de un suelo a otro, explica en parte el hecho de que en ciertos ensayos la respuesta a la ausencia de aporte aparece relativamente rápido, mientras que en otros tarda muchísimo.

Para no asumir ningún riesgo de penalización de la producción, no es aconsejable dejar sin aporte más de 3 años seguidos en las zonas de alta producción (más de 4.000 kg/ha) y 5 años en las de baja.

EXPERIMENTACIÓN DEL ITG AGRÍCOLA



Durante los primeros años de experimentación del ITG Agrícola (1980-84), en una primera fase, se planteó el estudio de la fertilización de cultivos extensivos en ensayos anuales tanto para el nitrógeno como para el fósforo y el potasio. Su objetivo era proporcionar unas recomendaciones medias, válidas para toda la zona en estudio, de los 3 elementos principales. Para ello se instalaron numerosos ensayos que facilitaron una excelente información para el nitrógeno. Sin embargo, la sistemática falta de respuesta de los cultivos a las aportaciones de fósforo y potasio demostró que el estudio de estos elementos requería ensayos a largo plazo.

De esta forma, durante la campaña 1985-86, comenzamos una línea de trabajo para el estudio mencionado. Durante estos 14 años se han instalado numerosos ensayos de los cuales algunos se han mantenido a lo largo de todo este período y otros se han ido renovando. En la actualidad contamos con 10 de ellos, cuya antigüedad oscila entre 2 y 14 campañas.

Los objetivos centrales de esta línea de trabajo los podemos resumir en los siguientes puntos:

1. - Conocer para cada zona el umbral a partir del cual no responde el cultivo; es decir, los niveles óptimos de P y K en el suelo.
2. - Conocido el nivel óptimo, determinar el abonado de mantenimiento para esa zona y cultivo. Se pretende clasificar los suelos en pobres, medios y ricos.

Sobre suelos pobres será necesario aportar fertilizante de forma sistemática incluso por encima de las necesidades del cultivo. Sobre los medios deberemos aportar la dosis equivalente a las necesidades del cultivo. Por el contrario sobre los ricos podremos reducir o incluso prescindir de la aportación temporalmente para los cultivos poco exigentes.

Para abordar estos objetivos se plantearon dos tipos de ensayos, todos con 4 repeticiones.

Ensayos tipo 1: denominados fosfo-potásicos sencillos

Cuenta con un diseño de 6 tratamientos que se describen a continuación

Tratamiento	-Fósforo	Potasio	
1	P0	K2	
2	P1	K2	
3	P2	K2	
4	P2	K0	
5	P2	K1	
6	P2	K2	Sin N

Los tres primeros tratamientos corresponden al estudio del fósforo. Manteniendo fija la aportación de potasio, se ensaya la ausencia de aporte (P0), la aportación correspondiente a las necesidades del cultivo (P1) y la aportación del doble de las necesidades del cultivo (P2).

La dosis de mantenimiento P1 varía con la zona climática y corresponde a 60 Unidades Fertilizantes por hectárea en zona seca y 80 en zona húmeda.

De la misma forma, el potasio es estudiado en los tratamientos 4, 5 y 3. Manteniendo fija la aportación de fósforo. La ausencia de aporte correspondería a K0, la restitución de las exportaciones a K1, y la aportación del doble de las exportaciones a K2.

Ensayos tipo 2: denominados fosfo-potásicos completos

En cada ensayo se estudia únicamente un elemento, manteniendo fijos el resto de factores.

Su diseño corresponde a un factorial donde se ensayan 3 dosis de fósforo o potasio, con 4 frecuencias de aporte.

fertilización

Dosis

- 1 = 50 U.F.: por ha.
- 2 = 100 U.F. por ha.
- 3 = 150 U.F. por ha

Frecuencia del aporte

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

Cada ensayo cuenta con 12 tratamientos correspondientes a la combinación de estos factores, mas 2 tratamientos testigo, es decir sin aporte, serán por tanto 14 tratamientos en total.

Resultados de los ensayos

1 - Fosfo-potásicos sencillos.

Como hemos visto anteriormente, partiendo de una finca determinada, se establece una aportación fija para cada tratamiento durante todas las campañas de duración del ensayo, a excepción lógicamente de los años de barbecho. Se ensayan 3 dosis para cada elemento:

Dosis 0 - Testigo sin abono (fósforo o potasio)

Dosis 1 - Dosis recomendada o de mantenimiento

Dosis 2 - El doble de la dosis de mantenimiento.

A lo largo de las distintas campañas se hace un seguimiento de la productividad obtenida con cada uno de los tratamientos; en segundo lugar, de la evolución del contenido en fósforo y/o potasio en el suelo. También se valoran las exportaciones efectuadas por los cultivos.

Presentamos a continuación los resultados más significativos de este tipo de ensayos.

Respuesta al fósforo

Las parcelas sobre las cuales se han implantado los ensayos partían de distintos niveles de contenido en suelo. Evidentemente las que contaban con elevados contenidos en suelo, no han mostrado respuesta a la aportación de fósforo.

Vamos a ver en primer lugar los resultados de una finca donde partimos de un nivel rico de fósforo para cereal. En el gráfico 2 vemos la evolución del contenido en suelo a lo largo de los años.

Ensayo 1: Oteiza de la Solana.

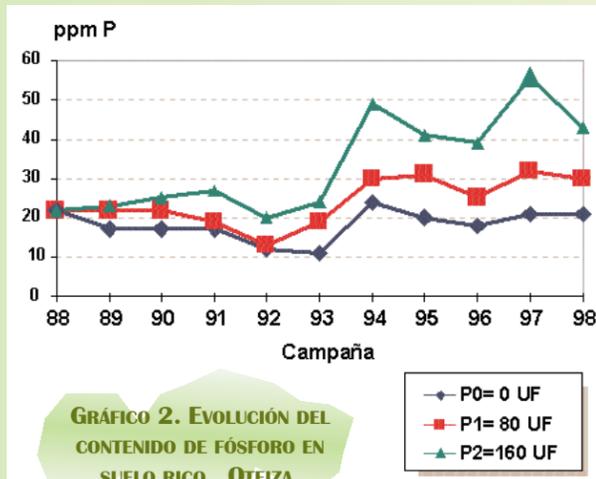


GRÁFICO 2. EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE FÓSFORO EN SUELO RICO. OTEIZA.

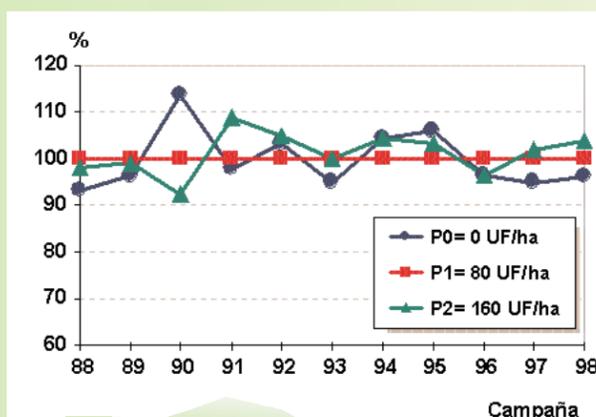


GRÁFICO 3. RESPUESTA PRODUCTIVA AL FÓSFORO EN SUELO RICO. OTEIZA.

Podemos observar en los gráficos de Oteiza (gráficos 2 y 3) como el contenido del suelo se ha mantenido estable incluso sin aportación (P0). En los tratamientos con restitución de las aportaciones (P1) ha subido. Cuando hemos aportado el doble de las exportaciones (P2) hemos elevado considerablemente el contenido del suelo.

Vamos a comparar la producción obtenida con las distintas dosis aplicadas. Para ello tomamos como referencia la obtenida con la dosis de mantenimiento P1, a la damos valor 100. Las otras dos van referidas al porcentaje respecto a ésta. Los cultivos implantados han sido siempre cereal, trigo o cebada. La producción media ha sido de 3.874 kg/ha.

A la vista de estos resultados, vemos que la aportación de fósforo no ha mejorado la productividad. Hubiéramos obtenido la misma cosecha sin aportación. Con más razón, la dosis alta no tiene sentido, porque sólo contribuye a elevar el nivel del suelo sin mejorar la productividad. Por tanto, el contenido de este suelo resulta rico para este tipo de cultivos poco exigentes y puede permitirse prescindir de las aportaciones durante un período temporal, siempre y cuando vigilemos la evolución del suelo para evitar un empobrecimiento excesivo.

Ensayo 2: Olza (Cooperativa de Orvalaiz).

En este caso partimos de un suelo deficitario en fósforo. Como en el caso anterior, vamos a presentar en el gráfico nº 4 la evolución del fósforo en el suelo. Se observa la caída del contenido en fósforo del tratamiento sin aporte (P0). Con la dosis de mantenimiento se consigue a duras penas mantener el nivel. Con la dosis alta (P2) conseguimos subir el nivel. Parece ser que a largo plazo tiende a estabilizarse el contenido en fósforo del suelo para cada dosis aplicada.

Al tratarse de una zona húmeda, productiva y segura de 5.500-6.000 kg/ha de cereal, la dosis estimada de mantenimiento resulta muy ajustada y permite evaluar si resulta suficiente a largo plazo tanto para el mantenimiento del nivel del suelo como de la productividad.

En el gráfico nº 5 podemos observar la productividad de las distintas dosis de abonado respecto a la dosis de mantenimiento a la damos un valor 100. La dosis 0 sistemáticamente nos ocasiona pérdidas de producción desde el inicio del ensayo. Resulta imposible prescindir del abonado. La dosis alta nos proporciona un ligerísimo aumento de producción respecto a la de mantenimiento que para cultivo de cereal no supera el 5%. En cambio es superior cuando se trata de cultivos más exigentes como guisante.



Abonado de fondo. Nos permite devolver al suelo los elementos nutritivos que nos hemos llevado con la cosecha

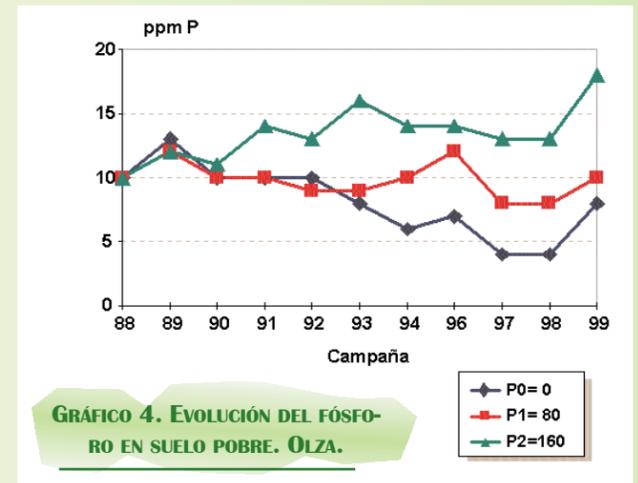


GRÁFICO 4. EVOLUCIÓN DEL FÓSFORO EN SUELO POBRE. OLZA.

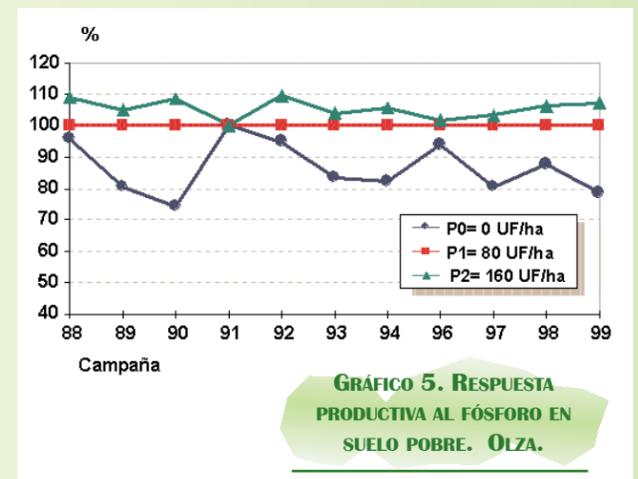


GRÁFICO 5. RESPUESTA PRODUCTIVA AL FÓSFORO EN SUELO POBRE. OLZA.

En consecuencia podemos catalogar este suelo como deficitario. No podremos prescindir nunca del abonado fosforado ni siquiera para cultivos poco exigentes. Para estos cultivos las dosis de mantenimiento deberán ser equivalentes a las extracciones o ligeramente más altas. Para cultivos exigentes, deberán superar las necesidades del cultivo.

Cabe señalar que en la rotación de cultivos de esta finca han participado 5 trigos, 3 cebadas de ciclo largo, 2 guisantes, 1 avena y 1 barbecho.

Respuesta al potasio

El planteamiento de los ensayos es idéntico que para el fósforo. Se ha partido de distintas fincas con diferentes niveles de este elemento en el suelo.

Llama la atención la ausencia de respuesta de los cultivos a la aportación de este elemento incluso en suelos que en principio podríamos considerarlos pobres.

Mostramos en el gráfico nº 6 los datos correspondientes a la evolución del potasio en suelo. Corresponde al mismo ensayo de Oteiza mostrado para el fósforo. El contenido inicial de potasio en el suelo es bajo por consiguiente, cabe esperar respuesta del cultivo a la aportación de este elemento. Podemos observar en el gráfico que los contenidos del suelo permanecen muy parecidos en los 3 tratamientos, con una clara tendencia al alza, provocada por la utilización de labores superficiales.

El gráfico nº 7 nos muestra la productividad conseguida con cada una de las dosis de potasio aportadas. Recordemos que se trata de cultivos de cereal, trigo y cebada, considerados como poco exigentes. Vemos que no se observa diferencia de productividad originada por la aportación de potasio.

Cabe destacar que, a lo largo de estas campañas de estudio, únicamente se ha encontrado respuesta al potasio cuando se han cultivado cultivos exigentes como la colza.

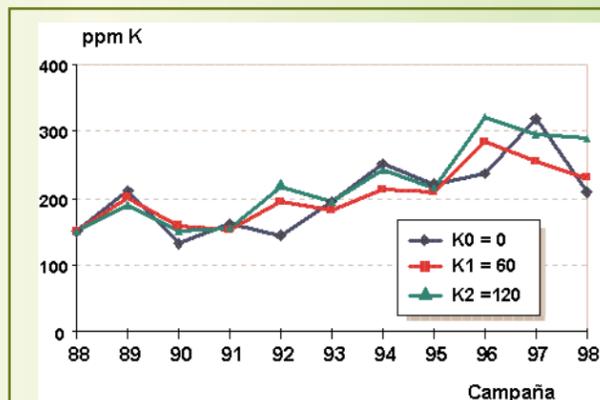


GRÁFICO 6. EVOLUCIÓN DEL POTASIO EN EL SUELO. OTEIZA.

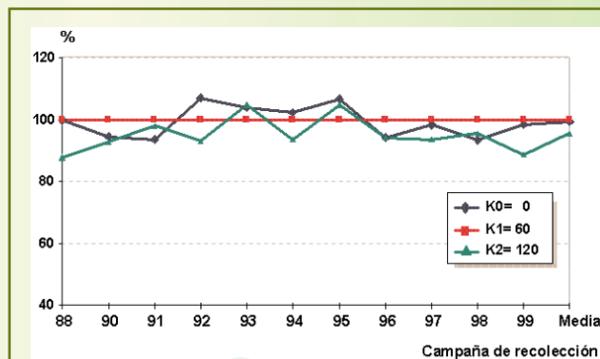


GRÁFICO 7. RESPUESTA PRODUCTIVA AL POTASIO. OTEIZA.

2 - Fosfo-potásicos completos.

En estos ensayos se han ensayado distintas dosis de P y K con distintas frecuencias de aporte. Se partía de suelos medianamente o bien provistos en estos elementos.

Los resultados de momento no han mostrado diferencias significativas entre la aportación anual y la ausencia de aplicación de fertilizantes, lo que ratifica los resultados del otro tipo de ensayos. **En el presente artículo no se presentan los resultados porque nos llevan a las mismas conclusiones expuestas anteriormente.**



El análisis de suelo nos permite conocer el nivel de nutrientes del suelo. En la imagen, laboratorio de NASERSA.

RECOMENDACIONES



El razonamiento de la fertilización fosfo-potásica pretende en primer lugar garantizar una alimentación de los cultivos no limitante de la producción. En segundo, conservar la fertilidad del suelo evitando aportaciones excesivas que, además de no ser rentables, pudieran ocasionar problemas medioambientales.

Hemos visto cómo podemos ajustar las aportaciones utilizando las herramientas descritas en el presente artículo: necesidades del cultivo, análisis de suelo, aportaciones recientes... Sin embargo, somos conscientes de que no es posible realizarlo de forma inmediata en todos los casos. Por eso vamos a ofrecer dos opciones para razonar las aportaciones:

- 1 - Restituyendo al suelo los elementos extraídos por el cultivo.
- 2 - Fertilización según la riqueza del suelo y las exigencias del cultivo a instalar.

Restitución de las exportaciones del cultivo

Se trata de devolver al suelo los nutrientes que nos hemos llevado del suelo con la recolección de la cosecha precedente.

Necesitamos conocer para cada cultivo la cantidad de fósforo y potasio contenida tanto en grano como en la paja. De esta forma podremos valorar lo que hemos exportado.

Hemos visto la dinámica de estos elementos en el suelo. Vemos que el cultivo implantado depende muy poco del fósforo o potasio aportados durante la campaña. Esta característica nos permite realizar un balance de aportaciones exportaciones plurianual. De manera que si un año aportamos el abonado correspondiente y no llegamos a recolectar por sequía o la razón que sea, no hay exportaciones, por tanto tampoco debe haber restituciones.

En consecuencia, para realizar la fertilización fosfo-potásica deberemos considerar las necesidades del cultivo y ajustar las dosis. Serán por tanto proporcionales a la capacidad productiva de la zona climática y la parcela. (cuadro 4).

PARA EL FÓSFORO las dosis de restitución según capacidad productiva de las diferentes zonas climáticas se recogen en el cuadro 5.

Como puede comprobarse en todos los casos hemos incrementado un 20% las aportaciones respecto a las exportaciones para asegurarnos una buena alimentación del cultivo incluso en suelos deficitarios.

PARA EL POTASIO, observamos en el cuadro nº 1 que la mayor parte de este elemento se encuentra formando parte de la paja, aproximadamente 2/3. Por tanto las exportaciones serán muy distintas si exportamos la paja o la incorporamos.

Cuadro 4. Exportaciones de la cosecha en UF/ha por cada 100 kg de grano recolectado.

Cultivo	Por 100 kg de grano			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
TRIGO				
Exportación del grano	1,9	0,9	0,6	
Exportación de la paja	0,5	0,3	1,2	
Exportación total	2,4	1,2	1,8	
CEBADA				
Exportación del grano	1,5	0,8	0,7	
Exportación de la paja	0,5	0,2	1,4	
Exportación total	2	1	2,1	
COLZA	Grano	3,6	1,5	1
	Paja	0,8		
	Total	4,45	2 a 3	5
GIRASOL	Grano	3,5	1,4	1
	Paja	0,9	0,35	5
	Total	4,4	1,7	6

Cuadro 5. Exportaciones del cereal y restituciones de fósforo.

ZONA	Cosecha kg/ha	Exportaciones U.F. P ₂ O ₅	Aportaciones U.F. P ₂ O ₅	Super 45% o DAP (18-46-0)	
				kg/ha	kg/robada
Semi-árida	2.000	20	30	67	6
Intermedia	3.000	30	40	90	8
Media	4.000	40	50	111	10
Baja Montaña	5.000	50	65	144	13
	6.000	60	80	177	16
	7.000	70	90	196	18

De igual forma que para el fósforo, presentamos las extracciones medias del grano por cada 100 kg de cosecha por ha. Las extracciones serán el doble si exportamos la paja y pueden llegar al triple si quemamos el rastrojo.

Cuadro 6. Exportaciones del cereal y restituciones de potasio.

ZONA	Cosecha Kg/ha	Exportaciones U.F. K ₂ O	Aportaciones U.F. K ₂ O	Cloruro potásico 60 %	
				kg/ha	kg/robada
Semi-árida	2.000	12	15	25	3
Intermedia	3.000	18	22	37	4
Media	4.000	24	29	48	5
Baja Montaña	5.000	30	36	60	6
	6.000	36	43	72	7
	7.000	42	50	84	8

Tanto en fósforo como en potasio, aunque agrónomicamente resultan preferibles las aportaciones anuales, en zonas secas, como las cantidades a añadir son muy bajas, podemos ajustar el balance aportando cada dos años.

Aportación según la riqueza del suelo en fósforo y potasio

Este sistema se basa en la experimentación llevada a cabo por el ITG Agrícola durante los últimos 14 años. También se han utilizado otros estudios extrapolables a nuestras condiciones, como los realizados por el ITCF de Francia.

En primer lugar vamos a clasificar los suelos en pobres, medios y ricos tanto para fósforo como para potasio. Recordemos que siempre nos estamos refiriendo a cultivos de cereal.

El análisis de suelo y la respuesta de los cultivos nos permite clasificar los suelos en pobres, medios y ricos.

En **SUELOS POBRES** resulta obligatoria la aportación anual de fósforo y potasio. La respuesta del cultivo es prácticamente segura. No interesan aportaciones masivas con el objetivo de subir el nivel del suelo porque el riesgo de bloqueo del elemento fertilizante es alto. Simplemente incrementaremos un 20% las exportaciones para asegurar la productividad.

En **SUELOS DE CONTENIDO MEDIO** la respuesta productiva del cultivo es incierta. Debemos restituir las exportaciones del cultivo. Nos permite realizar un balance de abonado plurianual.

En **SUELOS RICOS** es posible reducir las dosis fertilizantes e incluso suprimirlas durante 2-3 años en zona húmedas y 4-5 en zonas secas sin riesgo de perder productividad. Al cabo de este periodo resulta necesario realizar un nuevo análisis de suelo para adaptar la estrategia de fertilización en función del contenido del suelo en ese momento. Los ensayos muestran que, sin aportaciones, algunos suelos se empobrecen mientras que otros mantienen prácticamente invariables sus contenidos. De todas formas se trata de un proceso muy lento.

Podemos observar en el gráfico 8 esta clasificación. Para suelos pobres (menos de 10 ppm) la respuesta a la aportación de fertilizantes resulta sistemática. Para suelos medios a veces se observa respuesta productiva y otras no. En suelos ricos nunca se da un incremento de cosecha debido a la aportación de fertilizantes.

Los resultados del laboratorio de suelos pueden venir expresados en dos unidades diferentes tanto para el fósforo como para el potasio. Para el primero puede ser P o P₂O₅, mientras que para el potasio K o K₂O. La equivalencia es sencilla:

■ Para pasar P a P₂O₅ debemos multiplicar el valor de P por 2,29.

$$(P \times 2,29 = P_2O_5)$$

■ Al contrario será el paso de P₂O₅ a P dividiendo por 2,29.

$$(P_2O_5 / 2,29 = P)$$

■ El potasio puede venir expresado en K o K₂O. El factor de conversión es 1,2. Así:

$$K_2O = K \times 1,2$$

$$K = K_2O / 1,2$$

CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN SU CONTENIDO EN FÓSFORO PARA CEREAL. MÉTODO DE EXTRACCIÓN OLSEN.

Clasificación	ppm P	ppm P ₂ O ₅
Suelo pobre	< 12	< 27
Suelo medio	12-18	27-40
Suelo rico	> 18	> 40

Ppm = partes por millón, o gramos de P o P₂O₅ por tonelada de tierra seca.

CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN SU CONTENIDO EN POTASIO PARA CEREAL. MÉTODO DE EXTRACCIÓN ACETATO AMÓNICO.

Clasificación	K	ppm K ₂ O
Suelo pobre	< 100	< 120
Suelo medio	100-150	120-180
Suelo rico	> 150	> 180

Ppm = partes por millón, o gramos de K o K₂O por tonelada de tierra seca.

En este caso cabe señalar que en ninguno de los ensayos instalados hemos encontrado respuesta a la aportación de potasio. Como el nivel más bajo de dichas parcelas se sitúa en 120 ppm de K, de momento establecemos el rango entre 100 y 150 ppm como suelo medio y por debajo de 100 como suelo pobre.

GRÁFICO 8. RESPUESTA GENERAL AL FÓSFORO.

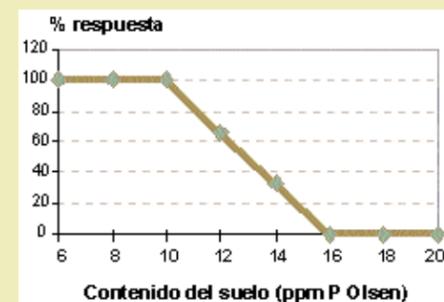


GRÁFICO 9. RESPUESTA GENERAL AL POTASIO.



En resumen:

Como hemos dicho con anterioridad, en suelos pobres deberemos aportar las exportaciones del cultivo incrementadas en un 20%. La aplicación debe ser previa a la siembra.

En suelos medios debemos restituir las exportaciones del cultivo. En este caso tiene poca importancia la época de aplicación y podemos supeditarla a las necesidades de la explotación.

En suelos ricos podemos prescindir del abonado fosforico o potásico durante una serie de años. Para no asumir riesgos de penalizar la producción este período será más breve en zonas de alta productividad que en las de baja. De esta forma para las zonas secas cuya productividad media no supera los 4.000 kg/ha pueden ser 5 años, mientras que para las zonas húmedas se reducirán a 3. En ambos casos al cabo de ese tiempo resulta imprescindible un nuevo análisis de suelo para comprobar la evolución del contenido en nutrientes. En función de los nuevos valores se establecerá una nueva estrategia de fertilización.

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA AGRARIA Y MEDIOAMBIENTAL

ANÁLISIS DE SUELOS

Análisis edafológicos
Implantación de cultivos
Recomendaciones de fertilización
Valoraciones agronómicas

ANÁLISIS DE PLANTAS

Diagnóstico de los niveles de nutrientes en el cultivo
Análisis foliar en viticultura y horticofruticultura

ANÁLISIS DE AGUAS

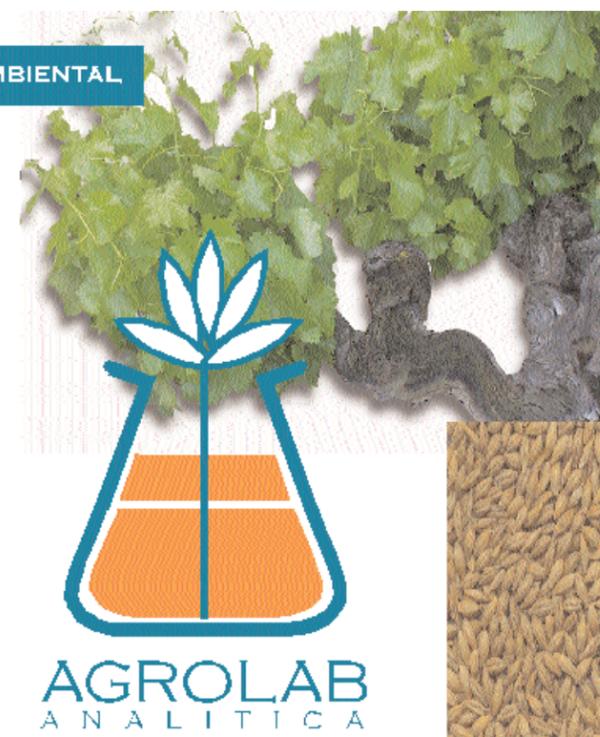
Control de aguas de riego
Fertirrigación en invernaderos y horticofruticultura

ANÁLISIS DE RESIDUOS Y ENMIENDAS ORGÁNICAS

Caracterización de residuos sólidos urbanos
Sustratos y abonos orgánicos, estiércoles, purines...

SERVICIOS ESPECIALIZADOS DE ANALÍTICA

Calibraciones NIR
Análisis para la certificación de semillas
Análisis de contaminantes en suelos



CEIN Centro Europeo de Empresas e Innovación de Navarra

Tel.: 948 428 931 Fax: 948 426 010

E-mail: agrolab.crm@cein.es

AGRADECIMIENTOS

Los ensayos se han instalado en parcelas de **agricultores, que desinteresadamente han colaborado y continúan haciéndolo a pesar de las molestias ocasionadas por una experimentación tan prolongada en el tiempo. Desde aquí queremos mostrar nuestro más sincero agradecimiento a su disponibilidad. Esperamos que su participación sirva para avanzar en la racionalización del abonado.**

Durante los años de la experimentación, la alternativa de cultivos ha coincidido con la del agricultor, puesto que ha sido él quien ha realizado todas las labores de campo a excepción de la aportación de fertilizantes y evidentemente la recolección. Cuando la finca se dejaba de barbecho, lógicamente, no recibía ninguna aportación de fertilizantes.

RELACIÓN DE AGRICULTORES COLABORADORES

		INICIO	FINAL
Adios K	Cooperativa San Andrés	1986	En activo
Adios P	Cooperativa San Andrés	1986	En activo
Ilundain K	Gobierno de Navarra	1986	En activo
Ilundain P	Gobierno de Navarra	1986	En activo
Arizala K	Jesús Hermoso de Mendoza	1987	1996
Arizala P	Jesús Hermoso de Mendoza	1987	1996
Sesma	Miguel Solano	1987	1989
Arroniz	Francisco Mauleón	1988	1999
Miranda	Ayuntamiento	1988	1990
Olza	José Lerga	1988	En activo
Oteiza	Isidro López de Goicoechea	1988	En activo
Sesma	Jesús M ^a Morrás	1988	1993
Lerín	Cooperativa Agrícola	1988	1989
Tafalla	Hermanos Ibañez	1988	1989
Zabalegui	Javier Aldave	1988	1999
Carcar	Jesús Pardo y Domingo Yoldi	1989	En activo
Fustiñana	Angel Jordán.	1989	1992
Larraga	Coop. San Isidro	1989	1992
Tafalla	Manuel Ainzua	1990	1993
Lerín	Jesús Gorosquieta	1990	En activo
Caparroso	José Antonio Aícua	1994	1997
Beriain	Grupo Beriain	1999	En activo
Tafalla	Hermanos Ibañez	1999	En activo

Conclusiones



La racionalización de la fertilización fosfo-potásica debe basarse en:

- 1. - Restituir al suelo las exportaciones efectuadas por los cultivos.** Para mantener la fertilidad del suelo, si no conocemos la riqueza del mismo en fósforo y potasio, debemos devolverle los elementos que el cultivo se ha llevado.
- 2. - Si contamos con un análisis de tierra podremos clasificar los suelos en pobres, medios y ricos.** Nos permitirá ajustar la fertilización en función de esta clasificación y de las exigencias del cultivo. Recordemos que para cultivos exigentes resulta prohibitivo prescindir del abonado fosfo-potásico.
- 3. - Tanto el fósforo como el potasio, al ser elementos poco móviles en el suelo, nos permiten realizar un balance de aportaciones y exportaciones plurianual,** por ejemplo en el curso de una rotación (4 ó 5 años).
- 4. - Debemos considerar en todos los casos las aportaciones orgánicas como parte del balance,** de forma que si añadimos cualquier tipo de residuo, descontaremos del abonado mineral la parte correspondiente al fósforo y potasio asimilable incorporado.
- 5. - Cuando envolvemos la paja del cultivo precedente restituimos al suelo como mínimo 2/3 del potasio extraído por el cultivo.**
- 6.- Época de aplicación:** En situaciones de suelos correctamente provistos, la elección de la fecha de aporte carece de importancia, no dependerá de aspectos agronómicos sino de la propia organización del trabajo de la explotación. En suelos pobres la aplicación deberá ser inmediatamente anterior a la siembra, puesto que en estados precoces del cultivo las carencias son más perjudiciales a los rendimientos.