

EXPERIMENTACIÓN

Fertilización con fósforo y potasio en cultivos extensivos de invierno



Resultados de más de 25 años de ensayos a largo plazo

Luis Orcaray Echeverría, Marcos Apesteguía Barberena, Iosu Irañeta Goicoa.

INTIA

La gestión de la fertilización fosfo-potásica de los cultivos extensivos de invierno tiene una alta incidencia en el resultado económico de las explotaciones ya que, al tratarse de grandes superficies, pequeños ajustes en las dosis permiten obtener importantes ahorros económicos en fertilizantes.

INTIA lleva realizando ensayos para ajustar la fertilización fosfo-potásica de cultivos extensivos más de 30 años. El objetivo de estos ensayos es triple:

- **Garantizar** una nutrición no limitante de la producción de los cultivos, estableciendo una dosis que permita obtener el óptimo económico.
- **Conservar** la fertilidad química del suelo a medio y largo plazo.
- **Evitar el impacto ambiental** derivado de un plan de fertilización inadecuado.

En este artículo, se ofrece un resumen general de los resultados de dos ensayos de fertilización fosfórica y potásica a largo plazo que INTIA viene realizando con el mismo diseño desde hace más de 25 años.

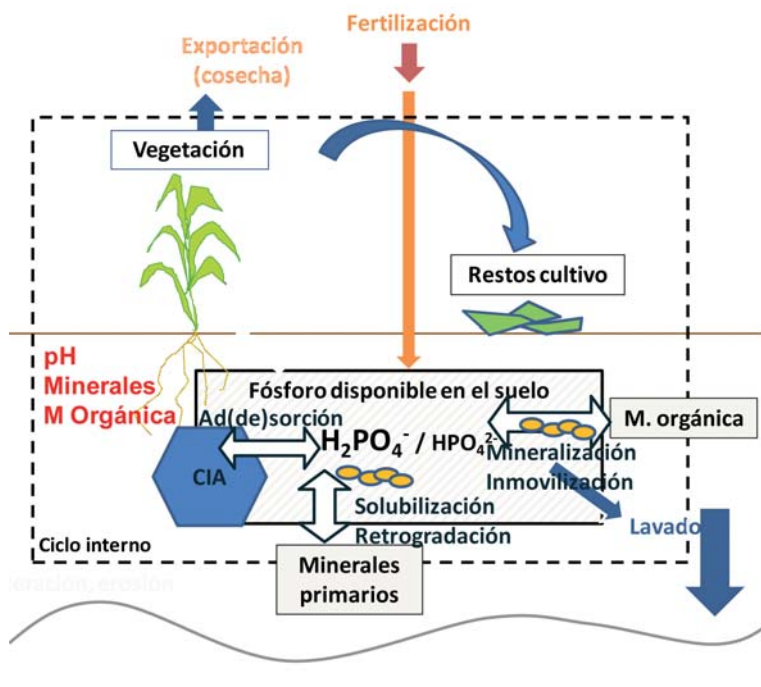
Los resultados de estos ensayos han dado lugar a unas recomendaciones prácticas de abonado que tienen en cuenta las necesidades y exigencias del cultivo, el contenido en fósforo y potasa del suelo y la gestión de los residuos de cosecha. Esas recomendaciones se han ido difundiendo periódicamente entre los agricultores a través de jornadas de campo, charlas y publicaciones diversas. Ya en el año 2000 fueron publicadas en el nº 120 de esta revista Navarra Agraria (mayo-junio 2000) y volvemos a difundirlas actualizando la información con los datos más recientes.

Debido a la dinámica del fósforo y el potasio en el suelo, **los ensayos a corto plazo (menos de 5 años) dan lugar a resultados con alta heterogeneidad** que hacen muy difícil obtener recomendaciones concluyentes. **Por ello, es necesario recurrir a ensayos a largo plazo de los que se puedan extraer resultados con mayor fiabilidad.**

DINÁMICA DEL FÓSFORO Y EL POTASIO EN EL SUELO

Los suelos cultivados a menudo contienen importantes reservas de fósforo y potasio. Pero no todo está inmediatamente disponible para las plantas. Estos elementos están presentes en el suelo en formas muy diversas.

Gráfico 1. Ciclo biogeoquímico del fósforo.
[Fuente: Adaptado por I. Virto (UPNA) de Schwartz et al., 2010]



En un suelo cultivado, las entradas principales de fósforo pueden ser en forma de fertilizantes minerales u orgánicos, restos de cultivo y a partir de los minerales primarios (Gráfico 1). La principal salida son las exportaciones del cultivo. En algunas situaciones concretas, se pueden producir pérdidas por lavado o escorrentía.

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-}). La concentración de ion fosfato en la solución del suelo es un equilibrio entre, principalmente, cuatro procesos:

- **Absorción de fósforo por el cultivo.**
- **Solubilización/retrogradación de los minerales primarios:** el fósforo se solubiliza a partir de los minerales primarios, pero también se retrograda (bloquea) a partir de la solución del suelo, con lo que deja de estar disponible.
- **Mineralización/inmovilización de la materia orgánica:** la mineralización de la materia orgánica aporta ion fosfato a la solución del suelo, y la inmovilización de fósforo por parte de los microorganismos del suelo tiene el efecto contrario.
- **Adsorción/Desorción al complejo de intercambio aniónico (CIA):** el fósforo queda retenido en la superficie del complejo de intercambio aniónico o liberado a la solución del suelo por procesos físico-químicos.

Los tres últimos procesos dependen fundamentalmente del tipo de los minerales primarios, del contenido y tipo de materia orgánica, y del pH del suelo.

DEFINICIONES

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

Exportaciones de un cultivo: cantidad de un elemento contenida en las partes del cultivo que nos llevamos de la parcela (grano, paja).

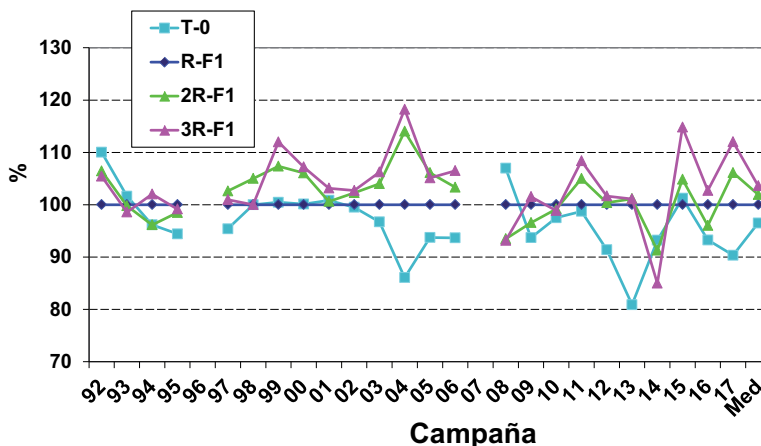
Exigencia de un cultivo: hace referencia a que diferentes cultivos tienen diferente sensibilidad a la carencia de fósforo o potasio. Esto no significa que los cultivos más exigentes absorban más fósforo o potasio que aquellos menos sensibles sino que, ante un contenido deficitario en el suelo, el cultivo más exigente tendrá unas mayores pérdidas de producción que el cultivo menos exigente (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los principales cultivos extensivos de invierno según su exigencia en fósforo y potasio (Fuente: Castillon et al., 1995)

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

Solamente un 10-20% del fósforo y un 15-30% del potasio del abono aportado es utilizado por el cultivo en el año del aporte (Castillon et al., 1995). Esto se debe a que hay una competencia entre el suelo y la planta por los iones fosfato y potasio. Cuando se aporta un fertilizante mineral fosforado, evidentemente sube la concentración de ion fosfato en la solución del suelo, gran parte de ese fósforo se queda retenido en las partículas del suelo por los procesos descritos anteriormente, inicialmente de una forma fácilmente reversible hacia la parte soluble. A medida que pasa el tiempo, ese fósforo va retrogradándose, quedando menos disponible para los cultivos. Por otra parte, cuando el cultivo absorbe fósforo de la parte soluble, baja la concentración de este elemento en la solución del suelo y la parte de fósforo fácilmente reversible tiende a compensar esa pérdida y mantener la concentración inicial. Lo mismo ocurre con la parte de fósforo menos disponible, pero

Gráfico 2. Producción obtenida en porcentaje respecto a la dosis de restitución (R) de los tratamientos anuales



a una velocidad más lenta. El objetivo de la fertilización fosfatada es mantener en la solución del suelo una concentración de ion fosfato adecuada para el desarrollo de los cultivos, sin empobrecer el suelo.

El ciclo biogeoquímico del potasio es similar al del fósforo, siendo el ión potasio (K+) disuelto en la solución del suelo la forma directamente asimilable por las plantas.

ENSAYOS A LARGO PLAZO EN NAVARRA

INTIA mantiene **dos ensayos de largo plazo con el mismo diseño experimental, uno de fertilización fosfatada desde 1992** (25 años) y **otro de fertilización potásica desde 1986** (31 años) en la finca que gestiona en Ilundain (Navarra). Están localizados en una parcela de secano húmedo con una precipitación media anual de 830 mm. 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) en el que no se aporta fósforo o potasio.

Ensayo de fósforo de 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, y 180 kg N /ha en forma de una mezcla de urea 46% y sulfato amónico 21% en la relación 70/30, en dos coberteras. 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 2** se muestra la producción obtenida en el ensayo desde 1992, para los tratamientos R, 2R y 3R, aplicados todos los años (F1). Con esta comparación queremos ver si la dosis de restitución que estamos aplicando es la adecuada para mantener la producción y si se mantiene el contenido de fósforo en el suelo. 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. Puede observarse que las producciones presentan escasas diferencias (de media un 2% para el tratamiento 2R y un 4% para el tratamiento 3R), a excepción de la campaña 2004 que corresponde a un cultivo de colza (cultivo exigente en fósforo), y la campaña 2013 que corresponde a una campaña de trigo con altos rendimientos y altas exportaciones. El rendimiento medio de los 25 años de estudio ha sido de 5.127 kg/ha.

En el **Gráfico 3** se muestra la evolución del contenido de fósforo en el suelo para los mismos tratamientos. Puede observarse cómo el nivel de fósforo va disminuyendo paulatinamente en el testigo sin abonar. Sin embargo, en el tratamiento que se aportan la dosis de restitución (R) el nivel se mantiene, y en los tratamientos que se aportan dosis más altas (2R y 3R) el nivel de fósforo aumenta. En 1992, el año de comienzo del ensayo, el contenido de fósforo en el suelo era de 15 ppm de P. La media de los últimos cinco años muestra que en el tratamiento testigo el contenido en fósforo (en forma

de P) es de 5,5 ppm, en la dosis de restitución (R) es 14,3 ppm, en la dosis doble (2R) es 21,1 ppm y en la dosis triple (3R) es 28,7 ppm. Estos datos nos permiten confirmar que la dosis de restitución recomendada (10 kg de P_2O_5 por tonelada de grano producido; 50 kg P_2O_5 para 5.000 kg/ha) no da una producción inferior a las dosis superiores, y además mantiene el contenido de fósforo en el suelo en un valor medio (Tabla 3). Si aplicamos dosis superiores a las restituciones se va enriqueciendo el suelo pero es un gasto innecesario y que además en casos de excesos puede producir daños medioambientales. Y si aplicamos dosis inferiores a las restituciones la tendencia es que el suelo se vaya empobreciendo. Los datos presentan variabilidad entre las diferentes campañas en periodos cortos, pero a largo plazo la tendencia es clara. Por ello es muy importante para poder obtener resultados concluyentes que los ensayos de fósforo y potasio sean de largo plazo. (Gráfico 3)

En zonas agroclimáticas con rendimientos de 1.000-2.000 kg/ha, las dosis de fósforo a aportar anualmente son bajas y a veces no es posible aplicarlas por falta de abonadoras que se puedan regular a dosis tan bajas. Es por ello que surge la pregunta de si resulta lo mismo aplicar anualmente la dosis de

restitución (R-F1), el doble cada 2 años (2R-F2), o el triple cada 3 años (3R-F3).

Hecha la prueba por INTIA, los rendimientos no sufren grandes variaciones si se opta por uno de estos manejos respecto a aplicar anualmente (datos no mostrados). El contenido de fósforo en el suelo tampoco disminuye conforme la frecuencia de aporte es mayor y la dosis total es la misma (Gráfico 4). Por lo tanto se pueden hacer aplicaciones bi o trianuales, siempre que el suelo tenga un contenido medio y que el cultivo no sea exigente en fósforo.

Ensayo de potasio a largo plazo

En el ensayo de potasio se aplican a todos los tratamientos 50 kg P_2O_5 /ha en forma de Superfosfato 45% en fondo, y 180 kg N/ha en forma de una mezcla de urea 46% y sulfato amónico 21% en la relación 70/30, en dos coberteras. 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 K_2O /ha.

Gráfico 3. Evolución del contenido de fósforo en el suelo (ppm de P, método Olsen) de los tratamientos anuales de fósforo

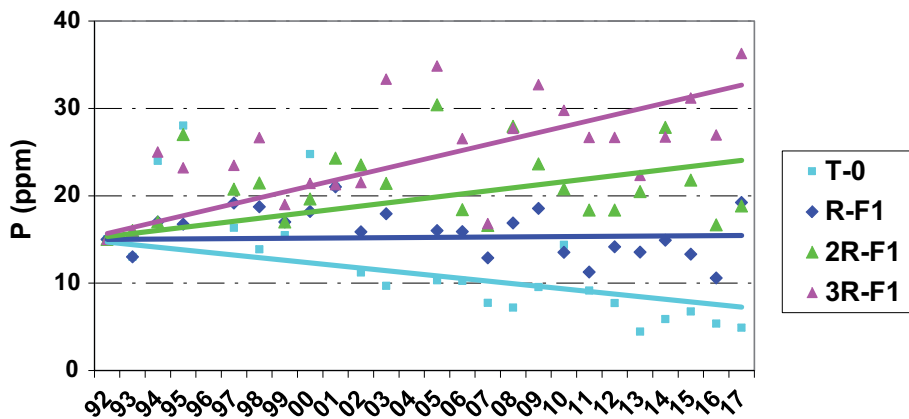


Gráfico 4. Evolución del contenido de fósforo en el suelo (ppm de P, método Olsen) de diferentes dosis y frecuencias

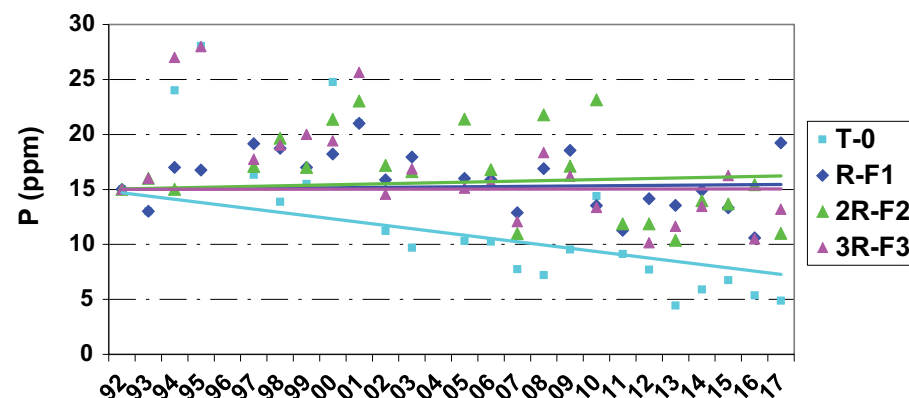


Gráfico 5. Producción obtenida en porcentaje respecto a la dosis de restitución (R) de los tratamientos anuales de potasio

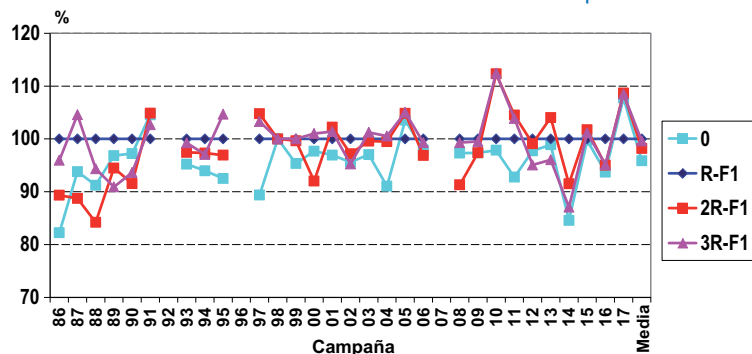
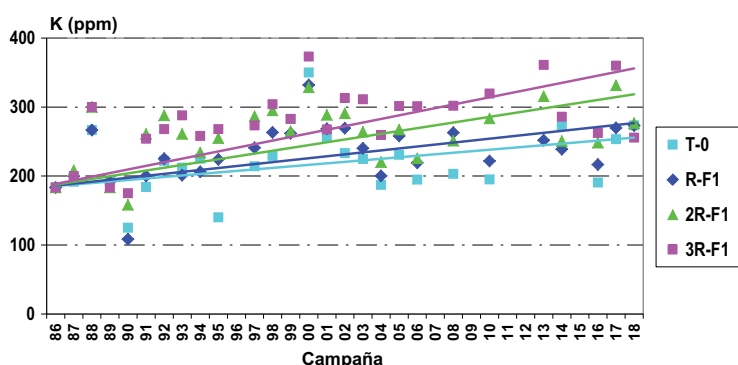


Gráfico 6. Evolución del contenido de potasio en el suelo (ppm de K, método Acetato amónico) de los tratamientos anuales de fósforo



En el **Gráfico 5** se muestra la producción obtenida en el ensayo desde 1986, para los tratamientos R, 2R y 3R, aplicados todos los años (F1), en porcentaje sobre la dosis de restitución (R). Al igual que ocurría con el fósforo, las producciones con las diferentes dosis presentan pequeñas diferencias respecto a la dosis de restitución (un 2% para el tratamiento 3R). El rendimiento medio de los 31 años de estudio ha sido de 5.317 kg/ha.

La evolución en el suelo del contenido de potasio (**Gráfico 6**) muestra una tendencia creciente con todas las dosis, incluso con el testigo que no recibe potasio. 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 235 ppm, en la dosis de restitución (R) es 246 ppm, en la dosis doble (2R) es 258 ppm y en la dosis triple (3R) es 284 ppm. Son valores que corresponden con un suelo rico de potasio, y la tendencia a aumentar puede deberse a la liberación de potasio por parte de los minerales primarios del suelo. El manejo habitual es la retirada de la paja del cultivo, por lo que no parece que los restos de cultivo sean una fuente de potasio. En estas condiciones, no hace falta abonar con potasio los cultivos extensivos de invierno.



SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA CERTIFICADO SIN INSECTICIDAS NI FUNGICIDAS QUÍMICOS

RESPECTUOSO CON EL MEDIO AMBIENTE



Ctra. Valtierra - San Adrian, s/n
31320 Milagro (Navarra)
Telf: 948 40 90 35 Fax: 948 40 90 77
Mail: veconatur@gelagri.es

RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN FOSFO-POTÁSICA EN CEREALES DE INVIERNO

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 (4-5 años). Para establecer un plan de fertilización fosfo-potásica de los cereales de otoño puede optarse por uno de estos dos criterios:

1. Restituciones: se trata de devolver al suelo los nutrientes que hemos exportado con la cosecha. Los ensayos a largo plazo muestran que es un criterio seguro que permite una buena eficiencia del fósforo siempre y cuando se realice un balance a largo plazo. Si se retira la paja, se aportarán 10 UF P₂O₅ y 18 kg K₂O por tonelada de grano cosechado (Tabla 2). Si se incorpora la paja, se aportarán 8 P₂O₅ y 6 K₂O por tonelada de grano cosechado. Con los resultados obtenidos en el ensayo de potasio de largo plazo de llundain y otros ensayos no mostrados, para las condiciones de la mayor parte de Navarra, se puede prescindir del aporte de potasio en cultivos extensivos de invierno.

Tabla 2. Extracciones de fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O) de los cultivos por tonelada de grano

Cultivo	Extracciones (kg/t grano)		
		P ₂ O ₅	K ₂ O
Trigo y cebada	Grano	8	6
	Paja	2	12
	Total	10	18

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

Clasificación del suelo	FÓSFORO (ppm) Método Olsen		POTASIO (ppm) Método Acetato amónico		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

2. Según el resultado del análisis de suelo (Tabla 3), se puede categorizar el suelo en un nivel de riqueza, y adaptar la dosis a ese nivel:

- a. **Suelos ricos:** podemos prescindir de la aplicación de fósforo y potasio durante 4 o 5 años. Después hay que volver a realizar otro análisis de suelo.
- b. **Suelos medios:** dosis de restitución.
- c. **Suelos pobres:** se aportará un 20% más a la dosis de restitución. Se trata de restituir al suelo las exportaciones e ir aumentando el contenido de fósforo o potasio en el suelo a largo plazo.
- d. **Suelos muy pobres:** se aportará un 50% por encima de las restituciones.
- e. **En cultivos exigentes** es obligatoria la aplicación.

Debemos considerar en todos los casos **las aportaciones orgánicas como parte del balance**, de forma que si añadimos cualquier tipo de producto orgánico, descontaremos del abonado mineral la parte correspondiente al fósforo y potasio asimilable incorporado.

Época de aplicación: en suelos con contenidos medios o ricos, 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 o muy pobres la aplicación deberá ser inmediatamente anterior a la siembra, puesto que en estados precoces del cultivo las carencias tienen mayor efecto en el rendimiento.





SAPEC
AGRO ESPAÑA

Mohican[®] 50 SC
+
Polar[®] PEC

*Los vallicos
ya no son
un problema*



Parque Empresarial TÁCTICA
C/Botiguers nº 3-4ª Planta
46980 PATERNA (Valencia)
Tel.: 961 345 150

www.sapecagro.es