

10 FERTILIZACIÓN FOSFATADA

FORMAS DEL FÓSFORO EN EL SUELO

El fósforo se encuentra en el suelo formando parte de diferentes minerales tales como fosforita, apatito, etc. También en compuestos orgánicos, asociado a la materia orgánica y como parte de los microorganismos. Además, existen formas iónicas libres en la solución del suelo y fijadas al complejo arcillo-húmico.

Desde el punto de vista agronómico el fósforo puede estar presente en el suelo en cuatro formas: en la solución del suelo, es decir, direc-

tamente asimilable; fijado en el complejo arcillo-húmico, por tanto cambiabile o lábil; como componente de la materia orgánica, precipitado o adsorbido en los geles de hierro y aluminio, en suelos ácidos, y precipitado como fosfato cálcico en suelos básicos, muy lentamente asimilable y; formando parte de la roca madre, no asimilable. (Figura 10.1).

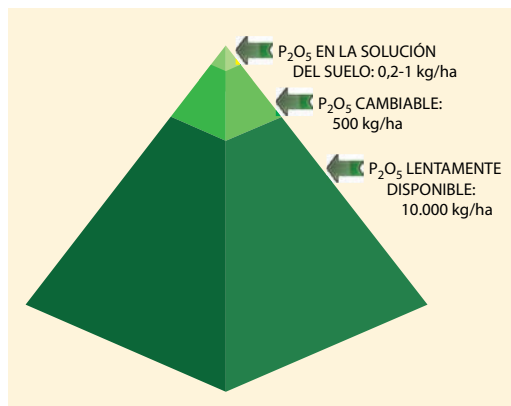
TRANSFORMACIONES DEL FÓSFORO EN EL SUELO

El fósforo de la solución del suelo está en equilibrio con las diversas fracciones y formas en las que está presente en el suelo. La reacción de equilibrio, en la que interviene la absorción de este elemento por las plantas, se rige por una serie de procesos complejos que se han representado en el figura 10.2.

NECESIDADES DE FÓSFORO DE LOS CULTIVOS

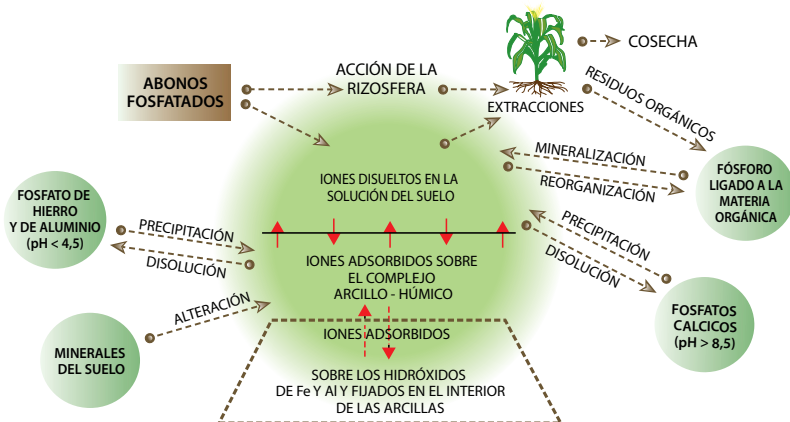
La cantidad de fósforo y los momentos puntuales de necesidad en este elemento dependen de la especie, de la variedad, del rendimiento potencial y por supuesto, de la calidad de la cosecha.

Figura 10.1. Formas del fósforo en el suelo



Fuente: Fertiberia (2005)

Figura 10.2. Formas y evolución del fósforo en el suelo



Fuente: Fertiberia (2005)

Al igual que para el resto de nutrientes, las necesidades de cada cultivo se determinan cuantificando la respuesta de cada uno a la aplicación de diferentes dosis de fósforo, mediante ensayos de

campo. Por otra parte, es de gran interés la determinación de los contenidos en fósforo en plantas para determinar su correcta nutrición, definida a través del análisis de plantas bien desarrolladas.

TRANSFORMACIONES DEL FÓSFORO EN EL SUELO

FIJACIÓN

Es la reacción de formas solubles con compuestos orgánicos e inorgánicos para dar lugar a formas insolubles de fósforo, al menos en el corto plazo. En este proceso influye de manera determinante el pH. La fijación puede producirse de las siguientes formas:

- Adsorción en las arcillas: intercambio con grupos hidroxilo asociados o no a Fe y Al.
- Precipitación en compuestos de Fe y Al.
- Precipitación en suelos calizos: fosfatos bicálcicos y tricálcicos.
- Ligado a la materia orgánica (humofosfatos).

MINERALIZACIÓN

Por acción de microorganismos del suelo, las moléculas orgánicas que contienen fósforo son capaces de liberar ácido fosfórico. La cantidad del fósforo mineralizado depende de la humedad, pH, relación C/P, etc.

SOLUBILIZACIÓN

El proceso de absorción de las plantas del fósforo soluble en la solución del suelo pone en marcha la reacción de equilibrio que está relacionada con la capacidad de adsorción del suelo. El proceso de solubilización, fósforo en solución-fósforo adsorbido, depende de la capacidad de cada suelo.

INMOVILIZACIÓN

El fósforo, al igual que el nitrógeno, es utilizado por los microorganismos del suelo para formar su propio protoplasma y compite así con las plantas. La cantidad de fósforo mineral que pasa a orgánico es pequeña y además es temporal, ya que el fósforo contenido en los microorganismos se incorpora de manera rápida al suelo tras su muerte.

La bibliografía facilita las extracciones que cada cultivo lleva a cabo a lo largo de todo su ciclo vegetativo.

FÓSFORO ASIMILABLE Y FERTILIZACIÓN FOSFATADA

La fertilidad de un suelo en lo que al fósforo se refiere, se definiría como la capacidad del suelo de suministrar a los cultivos las cantidades que precisa, y en los momentos puntuales en los que es necesaria su absorción.

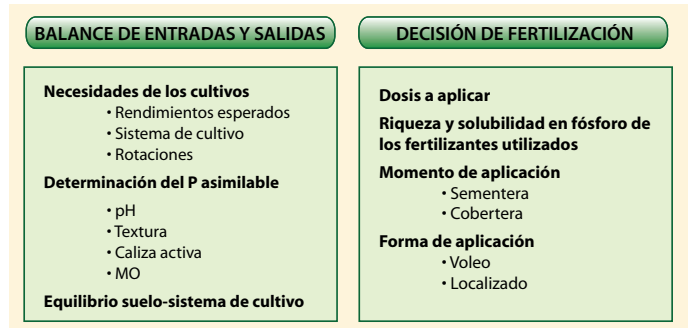
Las características físicas y químicas del suelo determinan la capacidad y ritmo al que el suelo es capaz de reponer el fósforo que las plantas van tomando de la solución. En este proceso influyen, fundamentalmente, la textura, el pH, la caliza activa y la materia orgánica.

En definitiva, la fertilidad del suelo en fósforo es la cantidad de fósforo asimilable presente y, entendemos por asimilable, la fracción extraíble con ácidos débiles a una concentración definida. En los laboratorios agronómicos se utilizan el método Olsen, que emplea como extractante el bicarbonato sódico, muy adecuado para suelos básicos, y el método Bray, válido para condiciones ácidas.



Deficiencia de fósforo en maíz

Figura 10.3. Determinación de la fertilización fosfatada



Fuente: Elaboración propia

Además de la determinación analítica del fósforo en el laboratorio, para el cálculo de la fertilización fosfatada se deben tener en cuenta los factores que van a influir en la asimilabilidad de este elemento. De este modo, una vez definidos los contenidos en fósforo en el suelo y las necesidades del cultivo, se considerarán los siguientes factores:

Textura del suelo: en suelos arenosos, con menor poder de retención de agua, a igual contenido en fósforo asimilable, mayor concentración en la solución del suelo.

pH: en suelos calizos se fomentan los procesos de retrogradación o insolubilización por formación de fosfatos insolubles. Por el contrario, los suelos ácidos favorecen los procesos de mineralización y solubilización.

De esta manera, se pueden indicar los siguientes principios básicos a la hora de fertilizar con fósforo:

- En suelos con contenidos en fósforo, normales o altos, la fertilización debe tener por objetivo mantener la fertilidad del suelo, es decir, realizar un abonado de mantenimiento. El abonado debe coincidir con las extracciones de los cultivos siempre que el pH se aproxime a la neutralidad. Si el pH es muy básico se abonará con cantidades adicionales,

mayores cuanto más arcillosa sea la estructura del suelo.

- En suelos pobres en fósforo el abonado debe cubrir las necesidades del cultivo, abonado de mantenimiento, y las necesidades para enriquecer el suelo. Se aportarán cantidades mayores cuanto mayor sea el pH del suelo y mayor su contenido en arcilla.
- En suelos ricos y muy ricos en fósforo se deberán reducir las dosis de mantenimiento e incluso suprimirlas, en mayor medida cuando se trate de suelos básicos, con gran contenido en arcilla.

Las aplicaciones de fósforo pueden ser en presiembra o coincidiendo con la siembra. El fósforo se aplica normalmente junto con la primera aportación de nitrógeno y potasio. El abonado fosfatado se hará con mayor anticipación cuanto menor sea la solubilidad del abono que se emplee.

Se recomiendan aportaciones en cobertura en el caso de suelos pobres en fósforo, con caliza activa y por tanto con riesgo de retro-



El fósforo favorece la maduración del grano del cereal

gradación, y tras periodos de heladas, inundaciones, etc.

FÓSFORO Y MEDIO AMBIENTE

Un contenido equilibrado en nitrógeno, fósforo y otros elementos como el cobalto, níquel, hierro y molibdeno es esencial para el crecimiento de las algas y demás especies en las aguas continentales y marítimas. Por el contrario, contenidos excesivos en estos nutrientes, sobre todo nitrógeno y fósforo, producen el crecimiento excesivo de la biomasa de algas, fenómeno que se conoce como eutrofización.

La *eutrofización* es más acusada en aguas estancadas, lagos y embalses, ya que la menor renovación favorece la acumulación excesiva de los nutrientes. Sin embargo, en aguas en movimiento, ríos y mares, la continua renovación del agua limita la concentración.

El aumento de la biomasa de algas debido a la eutrofización, exige cantidades adicionales de oxígeno para su descomposición, lo que afecta a la fauna acuática llegando a provocar incluso la muerte de las especies más exigentes.

En la mayoría de los casos, el fósforo es el factor limitante del crecimiento de las algas en aguas continentales, de modo que, aunque es la relación N/P la que va a determinar o no la aparición de problemas de eutrofización, se considera que el control del fósforo, es la manera más eficaz de evitarlo.

Desde el punto de vista agrícola, las pérdidas de fósforo proceden de:

- La lixiviación, que cuantitativamente carece de importancia ya que la concentración de fósforo en la solución del suelo es pequeña.
- La erosión de suelos con excesivos aportes de fósforo a través de la fertilización. El riesgo de eutrofización se produce en suelos sometidos a fuertes procesos erosivos.

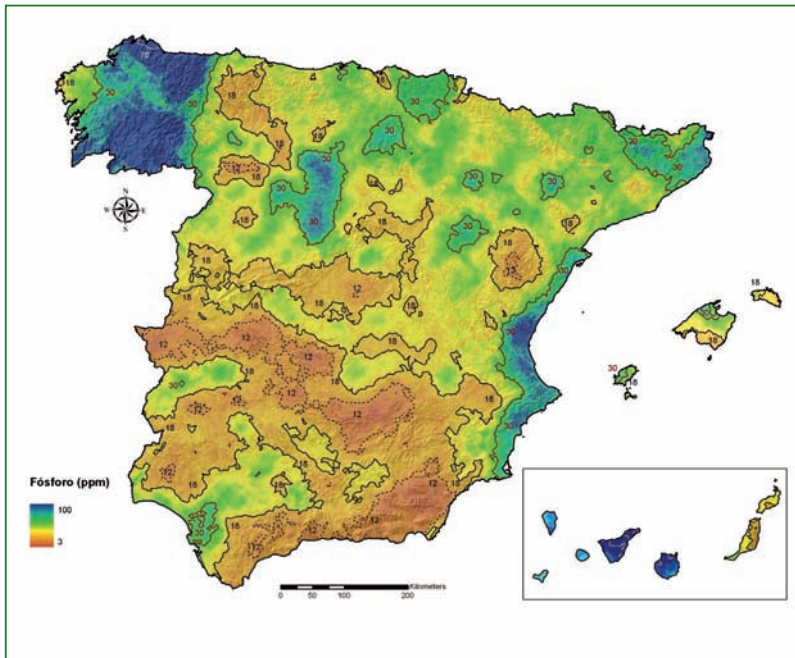
La relación entre la aplicación de fósforo agrícola y la eutrofización, no es tan directa como pudiera considerarse en un principio. La complejidad de los procesos que se desarrollan en ríos, lagos, mares, etc., hacen difícil establecer una clara relación causa efecto y por lo tanto, identificar soluciones a este problema. No obstante, la fertilización debe practicarse atendiendo a los más rigurosos criterios de sostenibilidad.

CONTENIDO EN FÓSFORO DE LOS SUELOS ESPAÑOLES

En este apartado se presenta los resultados de un estudio realizado por el INIA sobre el contenido en fósforo asimilable, Olsen, de los suelos agrícolas de España en una muestra de 3.751 suelos.

Se incluye asimismo la valoración que el INIA propone de los suelos de cultivo en función del contenido en fósforo y en base a su textura (tabla 10.1).

Mapa 10.1. Contenido en fósforo asimilable de los suelos españoles



Fuente: INIA (2009)

Tabla 10.1. Niveles de fósforo en el suelo según la textura

Fósforo (ppm)	Arenoso	Franco	Arcilloso
Muy bajo	0-4	0-6	0-8
Bajo	5-8	7-12	9-16
Medio	9-12	13-18	17-24
Alto	13-20	19-30	25-40
Muy alto	21-32	31-48	41-64

Fuente: INIA (2009)