GUÍA PRÁCTICA DE LA FERTILIZACIÓN RACIONAL DE LOS CULTIVOS EN ESPAÑA

Parte II

Abonado de los principales cultivos en España

16 ABONADO DE LOS CEREALES DE INVIERNO: TRIGO Y CEBADA

Luis López Bellido
Doctor Ingeniero Agrónomo
Catedrático de Producción Vegetal
ETSIA. Universidad de Córdoba

CONSIDERACIONES GENERALES

El área de cultivo de los cereales tiene una amplia distribución geográfica. El trigo es cultivado en una gran variedad de climas, adaptándose a las zonas que tienen una estación de crecimiento fresca y húmeda seguida de otra cálida y seca en la maduración. La cebada se adapta a las zonas de poca lluvia en primavera ya que sus necesidades hídricas y nutritivas son más importantes al comienzo del ciclo. El centeno y la avena son cultivos de suelos pobres y poco fértiles, propios de climas templados, siendo su área de cultivo similar a la del trigo y la cebada, aunque el centeno está mejor adaptado a los climas más fríos.

Importancia del cultivo en España

La superficie cultivada de cereales de invierno en España se aproxima a los seis millones de hectáreas y se ha mantenido más o menos constante, con una ligera evolución descendente en los últimos 20 años. Representa alrededor del 33% de la superficie agrícola útil y casi el 66% de la superficie total de cultivos herbáceos (tabla 16.1).

La producción española de cereales de invierno ha tenido una notable evolución ascendente, especialmente a partir de la década de los "años 70", como consecuencia de la mejora de las técnicas de cultivo, sobre todo del mayor empleo de fertilizantes y de la utilización de variedades de alto rendimiento.

Tabla 16.1. Superficie de cereales de invierno en España (000 ha)

	2005	2006	2007	2008 (P)
Trigo	2.274	1.920	1.803	2.067
Cebada	3.156	3.197	3.228	3.462
Avena	458	524	531	499
Centeno	89	106	112	110

(P) provisional

Fuente: MARM (2008)

Ecología

Los cereales de invierno se caracterizan por su aptitud al ahijado, que consiste en la formación en la base del tallo, a nivel del suelo, de numerosos tallos relativamente independientes que se alimentan por sus propias raíces. El crecimiento de los cereales de invierno se divide en dife-

rentes periodos o fases, cada una de las cuales es designada por las características que la planta manifiesta durante el mismo: ahijado, encañado, espigado y maduración.

Los periodos críticos de necesidades de agua del trigo son la fase de desarrollo de la espiga, la floración y la fase inicial de formación del grano. Las necesidades críticas de agua de la cebada se localizan desde el final del estado de zurrón hasta la fase de espigado. El déficit hídrico en dichas fases ocasiona la reducción del número de espigas por planta, la disminución del número de granos por espiga y la merma del peso del grano.

Los mejores rendimientos de trigo se obtienen en suelos arcillo limosos o arcillosos bien provistos de calcio, con buen poder absorbente y no excesivamente aireados. En los terrenos ligeros el trigo padece, con frecuencia, deficiencias nutricionales y estrés hídrico en el periodo de maduración del grano.

La cebada crece bien en suelos francos o ligeramente arcillosos, bien drenados. En los suelos arenosos, al no almacenar suficiente humedad que puede ser rápidamente agotada, se interrumpe el crecimiento uniforme del cultivo. La cebada es más tolerante que otros cereales a los suelos básicos y menos tolerante a los suelos ácidos.

Nutrición

El **nitrógeno** es el principal elemento mineral y el de mayor influencia en el rendimiento de los cereales. Sin embargo, cada uno de los tres elementos principales (nitrógeno, fósforo y potasio) no produce su pleno efecto si no están presentes cantidades suficientes de los otros dos. La interacción entre el nitrógeno y el potasio es probablemente la más importante. Dosis elevadas de nitrógeno en ausencia de una nutrición potásica suficiente hace a los cereales sensibles a las enfermedades y accidentes, en especial al encamado, y limita los rendimientos, disminuyendo la calidad y el peso específico. Gracias al potasio la productividad del nitrógeno puede aumentar en más de un 50%.

El **fósforo** mejora la precocidad de los cereales y favorece el desarrollo radicular, teniendo un papel esencial en la formación de la espiga y del grano.

El **potasio** tiene especial importancia en las funciones que aseguran el crecimiento de la planta. La resistencia de los cereales a las heladas, al encamado y a las enfermedades es mayor si disponen de una alimentación mineral rica en potasio. Asimismo, el peso específico y el peso de 1.000 granos aumentan gracias al potasio. También se afirma que el valor panadero del trigo y el valor cervecero de la cebada se mejora con el potasio.

Además de nitrógeno, fósforo y potasio, los cereales absorben también cantidades importantes de **calcio** y **magnesio**, y sobre todo de **azufre**, aunque nunca a niveles tan elevados como los tres elementos principales (tabla 16.2).

Trigo próximo a su recolección

La absorción de elementos minerales de los cereales es intensa a partir del ahijamiento y a lo largo del encañado, hasta la aparición de la espiga. Por lo general el nitrógeno y el potasio son absorbidos más intensa y precozmente que el fósforo.

Tabla 16.2. Extracciones medias de nutrientes de los cereales

Cereales de invierno	kg/000 kg de grano producido[1]					
	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S
Trigo	28-40	9-15	20-35	5-7	3,5-5	5,2
Cebada	24-28	10-12	19-35	10	5,2	4,1
Avena	24-30	10-14	23-35	-	-	6,1
Centeno	18-20	12-14	16-20	-	-	-

(1) Las extracciones se refieren a los nutrientes contenidos en las partes aéreas de la planta (grano y paja)

FERTILIZACIÓN

Fertilización nitrogenada

La fertilización nitrogenada debe corregir y completar en el tiempo la liberación de nitrógeno a partir de la materia orgánica. Por ello, el establecimiento de la dosis de fertilizante y la fecha de aplicación constituyen un problema importante, y a la vez complejo y aleatorio, que cada año se plantea de forma distinta al agricultor. Para tomar tal decisión deben aunarse un conjunto de conocimientos (necesidades del cultivo, reservas del suelo, clima y residuos del cultivo anterior), de observaciones (estado del medio y del cultivo) y estimaciones aproximadas (meteorología futura y potencial de rendimiento del cultivo).

La diferencia entre la absorción de nitrógeno por la cosecha y las disponibilidades del suelo determinan teóricamente el fertilizante a aplicar. Sin embargo, será necesario introducir un índice corrector, referido a la eficacia real de la fertilización. Este índice de eficacia se considera que en condiciones de campo varía del 40 al 80%, aunque cuando existe déficit hídrico o la fertilización se realiza en la siembra, la eficiencia del N puede ser inferior.

Como ya ha sido visto en capítulos anteriores, los métodos clásicos para determinar las necesidades de N fertilizante son el del balance y el del N mineral (Nmin). El método basado en la concentración de clorofila en la hoja es más reciente y se utiliza para controlar el nivel de N de la planta en el campo, y determinar el momento adecuado de aplicación de las coberteras de N. Utilizando esta herramienta puede sincronizarse la aplicación de N fertilizante con la demanda del cultivo. Los medidores de clorofila están siendo utilizados con éxito en diferentes cultivos herbáceos y leñosos, entre ellos los cereales.

A la vista de la complejidad y variabilidad de los factores que intervienen en el método de balance para establecer la fertilización nitrogenada, es difícil precisar el nivel óptimo de abonado si no se llevan a cabo estudios y determinaciones analíticas que permitan conocer con exactitud, para cada zona, las cifras concretas de cada partida del balance. Cuando éstas no se conocen, como es frecuente en muchas áreas y en concreto en las condiciones mediterráneas, deben utilizarse métodos más simples, y a veces empíricos, deducidos de la experiencia local, para establecer la dosis de fertilización nitrogenada. Una simplificación empírica, cuya validez es confirmada por la experiencia, es estimar las necesidades de nitrógeno en función del objetivo de producción, estableciéndose que las aportaciones suministradas por el suelo se equilibran con el coeficiente de utilización del fertilizante, con la lixiviación invernal y con el bloqueo del nitrógeno mineral derivado del enterrado de los residuos de la cosecha anterior.

Fertilización nitrogenada del trigo

Las necesidades de nitrógeno del trigo son, como promedio, 30 kg por cada 1.000 kg de

grano producido. Estas necesidades pueden variar, según variedades y condiciones ambientales, desde 28 a 40 kg de nitrógeno por cada 1.000 kg de trigo, siendo la respuesta más eficiente en las modernas variedades de talla baja. Otro dato a considerar es el remanente de nitrógeno no utilizado por el cultivo, que para suelos profundos se estima en un nivel medio de 30 kg N/ha. Estudios que hemos realizado durante varios años en la campiña andaluza indican un nivel de nitratos, en la siembra, en los primeros 90 cm de suelo, entre 60 y 90 kg N/ha. Los valores de nitrógeno mineralizado, en la misma zona, fluctúan entre 40 y 60 kg N/ha/año.

La dosis global de fertilizante nitrogenado habitualmente empleada en el trigo varía entre 120 y 200 kg N/ha, según el rendimiento esperado, la pluviometría y las técnicas de cultivo. En zonas más marginales, con déficit hídrico, las dosis son inferiores, situándose entre 80 y 100 kg N/ha.

Numerosos experimentos que hemos realizado en Andalucía muestran de forma consistente que el rendimiento del trigo solo responde de forma significativa hasta la dosis de 100 kg N/ha. Sin embargo, el contenido de proteínas del grano aumenta significativamente con la dosis de 150 kg N/ha, e incluso con la dosis de 200 kg N/ha en el trigo duro (figura 16.1). Estas mayores dosis de nitrógeno fertilizante influyen muy positivamente en la calidad harinera y semolera de los trigos (tablas 16.3 y 16.4).

El reparto o fraccionamiento de la dosis global del fertilizante nitrogenado, dependerá de las condiciones climáticas durante el crecimiento del trigo y de las prácticas de cultivo, en especial la época de siembra, la densidad de plantas y las características de la variedad. En el fraccionamiento hay que tener en cuenta la influencia e importancia de la lixiviación invernal y que las mayores necesidades de nitrógeno del trigo son en el período comprendido entre el ahijado y el encañado.

Puede ser conveniente realizar, a veces, pequeñas aportaciones de nitrógeno antes de la siembra que tengan un efecto de "arranque", en especial en siembras tardías para incentivar el ahijamiento, y en suelos pobres o donde el cultivo anterior fue muy esquilmante. También pue-

Figura 16.1. Influencia de la dosis de nitrógeno en el rendimiento y contenido de proteína del trigo
(Para cada especie de trigo, letras mayúsculas y minúsculas diferentes indican diferencias significativas al 95% para el rendimiento de grano y contenido de proteínas, respectivamente)

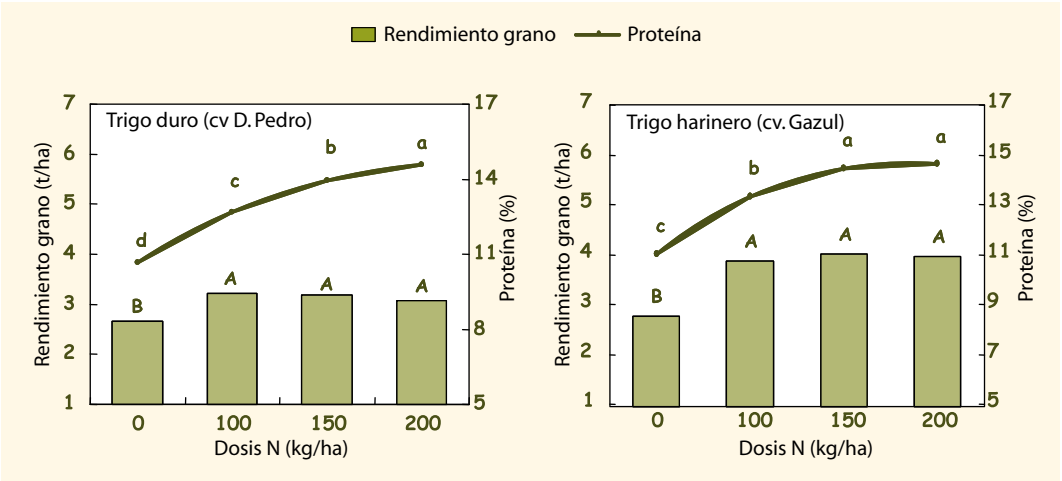


Tabla 16.3. Influencia de la dosis de nitrógeno fertilizante en los índices de calidad del trigo harinero (cv. Gazul)

Dosis N (kg/ha)	PE (kg/hl)	W ($x10^{-3}$ J)	P (mm)	L (mm)	P/L	GI (%)
0	81 a	182 c	93 a	51 c	2,3 a	90 a
100	80 b	270 b	98 a	74 b	1,6 b	87 b
150	78 c	299 b	100 a	84 a	1,3 b	84 c
200	78 d	359 a	105 a	90 a	1,3 b	83 c

PE: peso específico; W: fuerza panadera; P: extensibilidad de la masa; L: tenacidad de la masa; GI: gluten index
Para cada índice letras diferentes indican diferencias significativas al 95%

Tabla 16.4. Influencia de la dosis de nitrógeno fertilizante en los índices de calidad del trigo duro (cv. D. Pedro)

Dosis N (kg/ha)	PE (kg/hl)	GI (%)	Índice amarillez	Cenizas (%)	Vitrosidad (%)
0	81 a	58 a	19,8 b	1,7 a	53 c
100	80 b	56 a	20,8 a	1,6 a	88 b
150	79 c	52 b	20,8 a	1,6 a	93 a
200	78 d	52 b	20,8 a	1,5 a	94 a

PE: peso específico; GI: gluten index
Para cada índice letras diferentes indican diferencias significativas al 95%

de ser aconsejable esta aplicación en suelos fuertes, que tienen un elevado poder retentivo, o cuando pueden existir dificultades para las aplicaciones posteriores con el cultivo ya establecido.

La siguiente aplicación puede realizarse al principio del ahijado (estado de 3 a 5 hojas). La época y la cuantía de la dosis de esta aplicación orientan la calidad del ahijamiento. La dosis a aplicar en esta etapa será tanto más importante cuanto más baja sea la densidad de plantas, la vegetación más tardía o la variedad más precoz. No deben sobrepasarse, en esta aplicación, las necesidades de nitrógeno del cultivo, pues un excesivo desarrollo vegetativo puede provocar el encamado.

Otra aplicación puede efectuarse al final de la fase de ahijado y comienzo del encañado, que debe ser la última en aquellas zonas donde es frecuente la escasez de lluvias en primavera. Sin duda, la dosis de esta aportación es la más importante por su influencia en la formación del rendimiento, pues aumenta el vigor de los tallos formados, incrementa la proporción de tallos con espigas, mejora el desarrollo de las hojas superiores, favorece o incrementa la fertilidad de la espiga y mejora el llenado del grano.

En las zonas templadas donde las primaveras son lluviosas, o en condiciones de regadío en climas mediterráneos, puede realizarse una última aplicación con la aparición de la última hoja o en el estado de zurrón. De esta forma se asegura una máxima asimilación de nitrógeno en el espigado y la presencia de hojas verdes, a la vez que se incrementa el peso del grano. También con esta aplicación tardía de nitrógeno se mejoran algunas características tecnológicas del trigo relacionadas con la calidad, especialmente se aumenta el contenido de proteínas y la vitrosidad de los trigos duros.

Fertilización nitrogenada de la cebada

El cultivo de la cebada extrae del suelo un promedio de 25 kg de N por cada 1.000 kg de grano producido (tabla 16.2).

En climas semiáridos, típicos del cultivo de cebada, el análisis del nitrógeno mineral residual en el suelo, antes de la siembra, ha mostrado ser un dato útil para establecer la fertilización nitrogenada de la cebada, al existir una buena correlación entre dicha medida y el rendimiento. La profundidad de suelo recomendada para la toma de muestras varía entre 60 y 120 cm.

Con frecuencia, el incremento del encamado, por altas dosis de nitrógeno, limita la respuesta al nitrógeno de algunas variedades de cebada. El empleo de reguladores de crecimiento permite obtener mejores respuestas.

La interacción entre el nitrógeno y el agua influye notablemente en el rendimiento y en el contenido de proteínas de la cebada. De igual modo, dicha interacción es el factor principal determinante del contenido de proteínas del grano. Bajo condiciones de riego, el contenido de proteínas no varía mucho hasta que la dosis de nitrógeno supera los 100 kg/ha, incrementándose rápidamente a partir de dicha dosis. En secano, el nivel de proteínas del grano se incrementa con la aplicación de cantidades relativamente pequeñas de nitrógeno.

Explotación cerealista

Experimentos realizados en diferentes regiones cebaderas españolas demuestran una gran variabilidad de dosis óptimas de respuesta según clima y suelo. En las zonas más húmedas del norte, con rendimientos comprendidos entre 3.000 y 5.300 kg/ha, la dosis óptima varía entre 80 y 140 kg N/ha, sin que el fraccionamiento de la dosis en siembra y ahijado influya en el rendimiento. En los secanos más áridos de Castilla-La Mancha, con rendimientos medios de cebada en torno a 2.000 kg/ha, no suele existir respuesta por encima de 50 kg N/ha. En regadío, con niveles de rendimiento superiores a 5.000 kg/ha, la dosis óptima se sitúa en el entorno de 125 kg N/ha, aumentando el contenido de proteínas con el mayor nivel de las aplicaciones de cobertera.

Algunos estudios han demostrado que la aplicación de nitrógeno en la siembra puede ser más efectiva sobre el rendimiento de la cebada que las aplicaciones realizadas en fases posteriores del cultivo. Las aplicaciones tardías pueden incrementar significativamente el contenido de proteínas del grano, por lo cual deben ser utilizadas con moderación en las cebadas cerveceras, en las que un alto nivel de las mismas puede ser perjudicial. La aplicación de nitrógeno en los estados vegetativos tempranos mejora el crecimiento y el rendimiento, mientras que en el espigado no tiene apenas efecto sobre el rendimiento, aunque incrementa sustancialmente el porcentaje de proteínas del grano. En los suelos ligeros es conveniente fraccionar la aplicación de nitrógeno para que sea utilizado con mayor eficiencia por la planta.

Se recomienda la aplicación de 20-30 kg N/ha en la siembra, según el cultivo anterior, y una segunda aportación entre el ahijado y el encañado. La proporción entre ambas aplicaciones se sitúa entre 1:1 y 1:3 según la disponibilidad de agua.

Fertilización fosfopotásica

Detalle espigas maduras de trigo

Para el fósforo y el potasio, elementos que son retenidos por el suelo, el conocimiento de su nivel en el mismo, las extracciones realizadas por las cosechas y las restituciones deben permitir estimar las cantidades necesarias a aportar. Estos cálculos de balance deben ser comprobados mediante otro método esencial de información sobre la nutrición mineral de los cultivos, que es la experimentación práctica en las condiciones locales. De esta manera pueden fijarse las dosis de abonado recomendadas en un medio determinado.

La cantidad de fertilizante fosfatado y potásico debe fijarse en función de las extracciones reales del cereal y del nivel de fertilidad del suelo, que determina el grado de respuesta al abonado. Puede obtenerse buena repuesta de los cereales de invierno a la fertilización fosfopotásica en suelos con bajos contenidos de fósforo y potasio y probable respuesta en suelos con contenidos medios de ambos nutrientes (tablas 10.1 y 11.1). De todas maneras, el problema es más complejo y la generalización de los niveles críticos puede conducir a error, pues dependen del clima, del tipo de suelo y del sistema de cultivo.

Uno de los aspectos más problemáticos en relación con el abonado fosfatado es su fijación por el suelo, que puede dar lugar a que su eficacia no supere el 20%. A esto hay que unir su poca movilidad y la escasa absorción por la planta en condiciones de frío o de sequía, frecuentes en el crecimiento de los cereales de invierno en las zonas semiáridas. Factores como la capacidad de fijación del suelo, el nivel de carbonato cálcico, pH, el tipo de arcilla, el porcentaje de materia orgánica, etc., condicionan la eficacia del abonado fosfatado.

Por todas estas razones, es aconsejable aplicar cantidades más elevadas de abono que las que indiquen las extracciones del cultivo y el nivel del suelo, con la finalidad de conservar o aumentar la solubilidad del fertilizante. Según numerosos estudios, la eficacia del fósforo aumenta cuando se localiza en bandas junto a la línea de siembra, dada su importancia al comienzo del crecimiento cuando el sistema radicular está poco desarrollado.

La experiencia demuestra la falta de respuesta al potasio de los cereales en muchas zonas semiáridas de clima mediterráneo. La dosis de potasio dependerá de la eficacia del fertilizante (estimada como promedio en el 80%) y de los niveles de transformación de la forma asimilable en fertilizante y viceversa. Gran parte del potasio absorbido por los cereales es restituido al suelo como residuos del cultivo. Puede ocurrir una lixiviación limitada del potasio con altas precipitaciones y en suelos arenosos. En los suelos con bajo contenido en arcilla es donde hay que vigilar más el nivel del nutriente en el suelo.

Considerando que el fósforo es un elemento poco móvil en el suelo y que el potasio también es bien retenido por el complejo absorbente del suelo, sobre todo en suelos pesados y arcillosos, la aplicación de ambos elementos

debe efectuarse con las labores de preparación del suelo que permitirán enterrarlos y repartirlos a lo largo de la capa arable, facilitándose la mayor disponibilidad por las raíces.

No es muy aconsejable realizar el abonado fosfopotásico para varios años, es preferible hacerlo anualmente. Sin embargo, cuando las circunstancias obliguen a efectuar aplicaciones a largo plazo, no debe olvidarse que ello es un compromiso entre el ideal teórico y las condiciones prácticas de organización del trabajo. Cuanto más pobre es el suelo en fósforo y potasio, más ligero (mayor lavado de potasio) y más calcáreo (mayor retrogradación de fósforo), menos procedente es la recomendación de realizar aplicaciones para varios años. La dosis de una aportación a largo plazo no debe implicar una reducción del abonado; más bien debe corresponder a la suma de lo que se aplicaría escalonadamente en los diversos años e incluso superar este total, pues el abonado en bloque sólo puede representar un aumento de las pérdidas.

Explotación intensiva de cereal y cultivos de verano

Fertilización fosfopotásica del trigo

El trigo extrae como promedio 12 kg de anhídrido fosfórico (P_2O_5) y 28 kg de óxido de potasio (K_2O) por cada 1.000 kg de grano producido, incluyendo los órganos vegetativos correspondientes. En los suelos que tengan reservas suficientes de fósforo y potasio sólo será necesario reemplazar las cantidades extraídas por la cosecha anterior, realizando lo que se denomina un abonado de mantenimiento. Cuando el suelo sea pobre en algunos de estos elementos, será necesario realizar un abonado de corrección para elevar las reservas hasta el nivel óptimo.

En la práctica para la fertilización fosfopotásica debe tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Realizar análisis periódicos del fósforo y potasio asimilables del suelo para observar su evolución (cada 3-4 años).
- Comparar los resultados de dichos análisis con los niveles críticos establecidos, que son función del tipo de suelo y de las técnicas de cultivo. No siempre es fácil conocer con precisión tales niveles al ser muy variables para un mismo cultivo, según las condiciones ambientales. Su determinación requiere trabajos de investigación de laboratorio y de campo para cada zona o área concreta, así como contrastar que la metodología analítica está bien correlacionada con el grado de respuesta del cultivo.
- Determinar en el cultivo, o mejor en la rotación de cultivos, las cantidades de fósforo y potasio absorbidas por las plantas, las que pueden ser lixiviadas (sobre todo de potasio en suelos ligeros) y las cantidades que pasan a formas insolubles (caso del fósforo en suelos altamente calizos).

El coeficiente de utilización del fertilizante fosfatado es relativamente bajo, pues sólo un

15-20% del mismo es extraído por el cultivo el primer año. La aplicación localizada en las líneas de siembra mejora la eficiencia del abono el primer año respecto a la aplicación a voleo, especialmente en los suelos con bajo nivel de fósforo asimilable. En los suelos con un contenido de fósforo de medio a alto las diferencias entre ambas formas son mínimas.

El rendimiento del trigo en suelos con contenidos bajos y medios de potasio en el perfil de 0-15 cm, se incrementa con la fertilización potásica. En suelos ricos no suele haber respuesta a la misma (tabla 11.1).

En los suelos muy arenosos y poco profundos se debe prestar una especial atención al abonado con potasio, ante las posibles pérdidas del mismo por lixiviación. Las dosis medias recomendadas en suelos con un contenido de potasio de medio a bajo son de 100-120 kg K_2O/ha. El enterrado del fertilizante a 10-15 cm de profundidad mejora la eficiencia de utilización por la planta.

Fertilización fosfopotásica de la cebada

Al igual que para el trigo, la respuesta de la cebada a la fertilización fosfopotásica depende del nivel disponible de estos nutrientes en el suelo (tablas 10.1 y 11.1). La aplicación localizada en la línea de siembra a dosis bajas puede ser muy efectiva cuando existe poco fósforo disponible en el suelo, obteniéndose rendimientos equivalentes a dosis aplicadas a voleo dos o tres veces superiores. El fósforo aumenta la resistencia de la cebada al frío invernal, interaccionando la respuesta del cultivo con la temperatura, especialmente en suelos con escaso contenido de dicho nutriente. Cuando el nivel de fósforo en el suelo es bajo, las aplicaciones de nitrógeno reducen la resistencia al frío de la cebada.

Ensayos en cebadas de secano y regadío han puesto de manifiesto la falta de repuesta al abonado fosfopotásico cuando su contenido en el suelo es elevado (tablas 10.1 y 11.1).

Aplicación de otros nutrientes

Con frecuencia, la aplicación de nutrientes secundarios y microelementos a los cereales de invierno no recibe la atención adecuada. Ello se debe, en primer lugar, a que tradicionalmente se han sembrado variedades de bajo rendimiento, con pocas necesidades de estos nutrientes que eran satisfechas por el suelo. Otra razón ha sido la utilización en estos sistemas de cultivo de abonos orgánicos en abundancia y de fertilizantes de menor concentración, como el sulfato amónico y el superfosfato de cal entre otros, donde está presente el azufre y otros nutrientes secundarios y microelementos, aunque en bajas concentraciones. La intensificación de la producción agrícola de los últimos años ha cambiado esta situación.

Actualmente se siembran variedades enanas de alto rendimiento y se emplean por su mayor economía fertilizantes de alta concentración que contienen menos nutrientes en forma de impurezas o iones asociados. Los abonos orgánicos también son menos empleados por su escasez y elevado coste de aplicación en muchas zonas. Por todo ello se hace necesaria, más que en el pasado, la aplicación de estos nutrientes a los cultivos a fin de preservar íntegramente la fertilidad del suelo y la productividad agrícola.

La deficiencia de **azufre** puede corregirse aplicando fertilizantes que lo contengan, como abonos complejos con azufre, sulfato amónico o superfosfato o aplicando otras materias como sulfato cálcico (yeso) o azufre elemental, aunque el efecto acidificante de este último aconseja su empleo en suelos básicos, siendo su oxidación muy lenta en algunos suelos. Aunque el trigo no tiene altas necesidades de azufre, cada vez manifiesta con más frecuencia síntomas de deficiencia en este nutriente, desde el ahijado hasta el comienzo del encañado. Los requeri-

mientos moderados son aún satisfechos en la mayoría de los suelos profundos, poco sensibles a la lixiviación de los sulfatos, si bien no son tan móviles como los nitratos. Sin embargo, pueden aparecer carencias muy marcadas en los suelos arcillosos con caliza y en los arenosos y limo-arenosos con bajo contenido de materia orgánica.

Puede haber respuesta a la fertilización azufrada cuando el nivel del análisis del suelo en SO_4 es menor de 3 ppm en el perfil de 0-60 cm, o cuando la relación nitrógeno/azufre en la planta es superior a 16. El nivel crítico de carencia en las hojas es de 0,3 ppm entre ahijado y encañado. En los suelos donde se obtienen altos rendimientos de trigo usando fertilizantes sin azufre, debe vigilarse especialmente el nivel del mismo y aplicarlo en el futuro. La aplicación directa de azufre debe realizarse entre mitad de ahijado e inicio del encañado, utilizando SO_3 a razón de 40 kg/ha. La aplicación foliar con sulfato amónico o azufre elemental micronizada es más efectiva.

Las mayores necesidades de **magnesio** de los cereales de invierno, especialmente el trigo, se presentan en los suelos lixiviados, arenosos y calizos. Un contenido de magnesio en hojas y tallos inferior a 0,14%, en la fase de zurrón, indica una deficiencia. El magnesio se puede aplicar al suelo (18-36 kg Mg/ha) o en pulverización foliar con sulfato de magnesio.

Es bien conocido que el intervalo entre el umbral de carencia y el de toxicidad es, a veces, muy estrecho para algunos **microelementos**. Con frecuencia existen carencias inducidas (antagonismos entre elementos mayores y menores) más que verdaderas deficiencias. El agricultor tiene básicamente dos alternativas para eliminar las carencias en microelementos:

- Curativa, mediante aplicaciones foliares. El diagnóstico será confirmado por la respuesta positiva a la aplicación o por el análisis del suelo que determinará el origen de la carencia.
- Preventiva, aplicando al suelo los elementos necesarios, sobre la base del análisis del suelo, destinados a corregir las deficiencias. En carencias inducidas se puede actuar mediante labores del suelo que permitan una mejor exploración radicular, reducción temporal de la aportación de elementos menores, etc. La aplicación preventiva de microelementos sólo es necesaria si su contenido en el suelo es claramente insuficiente.

RECOMENDACIONES DE ABONADO

Teniendo en cuenta las extracciones y consideraciones que sobre el abonado del trigo y la cebada se han realizado, la tabla 16.5, elaborada por ANFFE, presenta una orientación para la aplicación de nutrientes en base a distintos niveles de la producción esperada.

A modo de ejemplo, y considerando los principales tipos de fertilizantes comerciales fabricados en España, la tabla 16.6 incluye un programa de fertilización del trigo y la cebada para niveles de producción y diferentes clases de suelos.

Tabla 16.5. Recomendaciones de abonado para el trigo y la cebada

Producción (kg/ha)	Abonado de fondo (kg/ha)			Cobertera (kg N/ha)
	N	P_2O_5	K_2O	
Hasta 2.000	15-20	30-50	20-30	30-40
2.000-3.000	20-25	45-70	25-45	40-65
3.000-4.000	25-35	60-90	40-65	65-85
Más de 4.000	35-40	80-130	60-90	85-110

Fuente: ANFFE (2010)

Tabla 16.6. Programa de fertilización para el trigo en base a diferentes producciones (P)

CULTIVO	PRESIEMBRA	COBERTERA * (para todos los suelos)
Secano P hasta 2.000 kg/ha		
- suelo fertilidad media	200 kg/ha NPK 8-15-15	140-180 kg/ha NAC 27 ó 80-110 kg/ha urea 46 ó 120-160 kg/ha solución nitrogenada 32
- suelo pobre en fósforo	200 kg/ha NPK 8-24-8	
- suelo pobre en potasio	200 kg/ha NPK 9-18-27	
- suelo rico en potasio	100-125 kg/ha DAP 18-46-0	
Secano 2.000 <P≤3.000 kg/ha		
- suelo fertilidad media	250-350 kg/ha NPK 8-15-15	230-300 kg/ha NAC 27 ó 130-180 kg/ha urea 46 ó 190-250 kg/ha solución nitrogenada 32
- suelo pobre en fósforo	250-350 kg/ha NPK 8-24-8	
- suelo pobre en potasio	250-350 kg/ha NPK 9-18-27	
- suelo rico en potasio	125-160 kg/ha DAP 18-46-0	
Secano 3.000<P≤4.000 kg/ha		
- suelo fertilidad media	350-450 kg/ha NPK 8-15-15	300-380 kg/ha NAC 27 ó 175-225 kg/ha urea 46 ó 250-320 kg/ha solución nitrogenada 32
- suelo pobre en fósforo	350-450 kg/ha NPK 8-24-8	
- suelo pobre en potasio	350-450 kg/ha NPK 9-18-27	
- suelo rico en potasio	160-200 kg/ha DAP 18-46-0	
Secano-Regadío P>4.000 kg/ha		
- suelo fertilidad media	450-600 kg/ha NPK 8-15-15	380-500 kg/ha NAC 27 ó 220-350 kg/ha urea 46 ó 320-420 kg/ha solución nitrogenada 32
- suelo pobre en fósforo	450-600 kg/ha NPK 8-24-8	
- suelo pobre en potasio	450-600 kg/ha NPK 9-18-27	
- suelo rico en potasio	200-325 kg/ha DAP 18-46-0	

En función del análisis de suelo, en los suelos bajos en fósforo y niveles de potasio poco adecuados, se utilizará 8-24-16

* En suelos básicos o salinos, sustituir el NAC 27 por nitrosulfato amónico 26.

EN EL CASO DE LA FERTILIZACIÓN DE LA CEBADA LA DOSIS SE REDUCIRÁ UN 10%.

Fuente: ANFFE (2010)

Bibliografía

- ANFFE (Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes), 2010. Comunicación personal.
- Briffaux, G., 2005. Fertilisation azotèe du blè tendre d'hiver. Arvalis, Institut du Vegetal. París.
- ITCF (Institut technique des céréales et des fourrages), 2002. Orges brassicoles & fourragères. ITCF. París.
- López-Bellido, L., 1991. Cereales. Mundi-Prensa. Madrid.
- López-Bellido, R., 2003. Diagnóstico de las necesidades de nitrógeno del trigo mediante el uso de medidores de clorofila. Tierras de Castilla-León. Agricultura. 98: 82-89.
- López-Bellido, L., 2006. Uso eficiente del nitrógeno en las rotaciones cerealistas de las campiñas andaluzas. XVIII Jornadas Técnicas sobre localidad de los trigos de España. Jerez de la Frontera. Asociación Española de Técnicos Cerealistas.
- López-Bellido, L.; López-Bellido, R.J.; Redondo, R. y Benítez, J., 2007. Eficiencia del nitrógeno fertilizante en los cultivos de trigo harinero y duro. Vida Rural nº 254. 28-30.
- López-Bellido, L.; López-Bellido, R.J.; Redondo, R. y López-Bellido, F.J., 2008. Utilización del 15N en la determinación de la eficiencia del N fertilizante por el cultivo del trigo. En "Técnicas y aplicaciones multidisciplinares de los isótopos ambientales" (P. Alcorbo, R. Redondo, J. Toledo, Eds.). Servicio de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Madrid. 211-221.
- López-Bellido, R.J.; Garrido-Lestache, E.; Fontán, J.M. y López-Bellido, L., 2007. Influencia del nitrógeno en el rendimiento de grano y calidad en cereales de invierno. Vida Rural nº 254. 44-46.

17 ABONADO DE LOS CEREALES DE PRIMAVERA: MAÍZ

Jesús Betrán Aso
Ingeniero Agrónomo
Laboratorio Agroalimentario
Gobierno de Aragón

CONSIDERACIONES GENERALES

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cereales de mayor importancia a nivel mundial. Originario de América del sur y Centroamérica, sin que pueda precisarse el lugar en el que se inició su cultivo hace unos 5.000 años, fue la base de alimentación en ese continente y hoy es, junto con el arroz y el trigo, uno de los principales alimentos.

Procede de la mejora de una gramínea silvestre, que data de las culturas precolombinas y aunque hoy existen muchas variedades, todas están emparentadas con la especie *Zea mexicana* (teosinte), que crece silvestre en Méjico. La mejora genética realizada por el hombre durante siglos hace que, en la actualidad, la morfología del maíz sea muy diferente de la de su antepasado.

La producción mundial está en torno a los 760 millones de t/año. El mayor productor es Estados Unidos (aproximadamente el 43%), seguido por China (19%) y Brasil (cerca del 7%). La Unión Europea ocupa el cuarto lugar como productor, con poco menos de 50 millones de t/año.

La producción de cereales en general, y en particular del maíz, se ha visto incrementada durante el siglo XX por dos hechos fundamentales: la mejora genética y la fertilización. Hoy se estima que la producción de maíz en los países desarrollados, podría incrementarse al menos un 30% si se adoptaran programas de abonado correctos.

En un cultivo como el maíz, con elevada demanda de nutrientes, ajustar las dosis de fertilización a las necesidades reales es imprescindible para reducir costes, manteniendo o incremen-

Tabla 17.1. Superficie de maíz por CC.AA. (000 ha). Año 2009*

Castilla y León	103,9
Aragón	66,0
Extremadura	43,7
Cataluña	35,5
Castilla-La Mancha	32,0
Andalucía	24,0
Galicia	17,6
Otras	22,8
TOTAL ESPAÑA	**345,5**

*Avance

Fuente: MARM (2009)

Ensayo de fertilización del maíz con parcela testigo sin ningún aporte

tando la producción, y también para garantizar el mejor aprovechamiento de los fertilizantes. La pérdida de elementos por lavado (nitratos) o por arrastre (fosfatos) supone una pérdida económica y un daño ambiental considerable, sobre el que cada día se ejerce mayor presión.

Exigencias de suelo y clima

El maíz es muy exigente en cuanto la "fertilidad física" del suelo. Este aspecto, que a menudo se olvida, puede ser en muchos casos el principal factor limitante de la producción. Entre las características físicas del suelo, las más importantes, desde el punto de vista del maíz, son:

- Capacidad de retención de agua.
- Aireación.
- Temperatura.

La capacidad de almacenamiento de agua del suelo es fundamental para asegurar un suministro continuo entre riegos. El maíz es particularmente sensible a la falta de agua en el entorno de la floración, desde 20-30 días antes hasta 10-15 días después.

En suelos con escasa profundidad, o pedregosos, la capacidad de almacenamiento se ve limitada y, cuando es posible, debe suplirse con mayor frecuencia de riegos. Lo ideal es mantener una alta disponibilidad de agua en el suelo, en términos de potencial de agua del suelo (no debe superarse 1,5 atmósferas en el periodo de la floración y algo más en el resto del ciclo). Si el potencial hídrico es mayor (en términos absolutos) comienza a mermar la producción.

En relación con la disponibilidad de agua, el maíz es muy sensible a la salinidad del suelo. Una concentración salina, expresada como conductividad eléctrica en extracto de pasta saturada, superior a 1,7 dS/m a 20 °C comienza a afectar al cultivo, y con 3,8 dS/m la producción desciende un 25%.

El maíz es muy sensible a la asfixia radicular. No soporta los suelos apelmazados o con mal drenaje. Necesita un mínimo del 10% del volumen de suelo ocupado por aire.

Tanto la aireación del suelo como la circulación de agua están estrechamente ligadas a la estructura del suelo, que favorece la formación y mantenimiento de la porosidad. Es esencial proteger la estructura frente a agresiones como el tránsito de maquinaria pesada en malas condiciones de humedad, el laboreo intenso o la elevada energía del agua aportada en riegos por aspersión.

Respecto a la temperatura, el maíz se muestra especialmente sensible durante la germinación, nascencia e inicio de la vegetación. Requiere un mínimo de 12° C de temperatura del suelo para la germinación. Algunos síntomas de carencia en el inicio del cultivo están originados por bajas temperaturas que impiden el desarrollo radicular.

La temperatura del suelo puede, hasta cierto punto, modificarse mediante el manejo de los restos orgánicos en superficie y del riego.

En resumen, es esencial el mantenimiento de la "fertilidad física" del suelo. Su deterioro puede causar limitaciones no siempre fáciles de identificar y, a menudo, de muy lenta corrección.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

El maíz tiene unas necesidades nutricionales por unidad de producción similares a otros cereales, como el trigo o la cebada. Pero debido a sus producciones, habitualmente mucho más altas, las cantidades de nutrientes demandadas por el maíz, en términos absolutos, son mucho más elevadas. Existen diferentes referencias sobre las cantidades de nutrientes esenciales consumidos en mayor cantidad. (tablas 17.2, 17.3 y 17.4).

Tabla 17.2. Extracción de nutrientes principales y secundarios por la parte aérea del maíz

Nutrientes	kg/t de grano	
	Grano	Resto planta
Nitrógeno (N)	14	7
Fósforo (P_2O_5)	7	2
Potasio (K_2O)	5	20
Calcio (CaO)	0,3	6
Magnesio (MgO)	2	6
Azufre (S)	1,3	1

Fuente: Olson y Sander (1988)

Tabla 17.3. Extracción de nutrientes principales por la parte aérea del maíz

Nutrientes	kg/t de grano
Nitrógeno (N)	28
Fósforo (P_2O_5)	11
Potasio (K_2O)	23

Fuente: Domínguez Vivancos (1984)

Tabla 17.4. Extracción y exportación real de nutrientes principales por la parte aérea del maíz

Nutrientes	kg/t de grano	
	Exportación (grano)	Extracción total
Nitrógeno (N)	15,5-19,1	24,7-30,0
Fósforo (P_2O_5)	7,0-12,3	10,2-12,3
Potasio (K_2O)	4,5-5,4	20,7-25,2

Fuente: Canadian Fertilizer Institute (1998)

Tabla 17.5. Extracción de microelementos para una cosecha de 18,7 t de grano de maíz

Nutrientes	g/ha	
	Exportación (grano)	Extracción total (planta entera)
Hierro (Fe)	143	6.240
Manganeso (Mn)	37	483
Zinc (Zn)	187	440
Cobre (Cu)	37	199
Boro (B)	36	126
Molibdeno (Mo)	5,5	11,1

Fuente: Benne et al. (1964), citado por Loué (1988)

Dependiendo del autor, cabe situar las necesidades de maíz, en un máximo de 28-30 kg de nitrógeno (N), 10-12 kg de fósforo (P_2O_5), y 23-25 kg de potasio (K_2O), por cada 1.000 kg de grano producido. Adicionalmente, hay un consumo significativo de calcio, magnesio y azufre.

Hay que destacar el hecho de que una parte importante de los nutrientes extraídos son destinados a partes de la planta que no siempre se retiran del campo. Esto hace que existan importantes diferencias entre la extracción total de nutrientes y la exportación (tablas 17.4 y 17.5). Estas diferencias son particularmente importantes en el potasio, en el que sólo una pequeña parte va destinada al grano que se cosecha, y en los microelementos.

Ritmo y forma de extracción de los nutrientes

Aunque la extracción comienza tras la nascencia, la extracción más fuerte de nutrientes se produce a partir de las 4-5 semanas (estado 8 hojas), en que se inicia el crecimiento vegetativo más intenso. La absorción de macroelementos va adelantada respecto a la generación de materia seca. Esto ocurre especialmente en el potasio, cuya absorción prácticamente termina poco después de la floración.

En torno al 47% de todo el nitrógeno se extrae entre los 15 días anteriores y los 15 posteriores a la floración. El maíz puede asimilar nitrógeno tanto en forma nítrica como amoniacal, éste último incluso de forma más rápida que el primero. La forma amoniacal presenta la ventaja de

ser retenida en el suelo, pero puede presentar el inconveniente de que bajo esa forma puede competir en la absorción con otros nutrientes como calcio, magnesio o potasio.

Fuentes de nutrientes

El suministro de los nutrientes requeridos se puede producir por diferentes vías, y todas ellas deben considerarse a la hora de ajustar la fertilización. Estas son:

- El suelo.
- El agua de riego.
- Los restos de cosecha.
- Cultivo precedente.
- Los fertilizantes orgánicos (estiércoles, purines, etc.) y órgano-minerales.
- Los fertilizantes minerales.

La cantidad de nutrientes suministrada por el suelo puede conocerse mediante su análisis, imprescindible para orientar la fertilización fosfatada y potásica. Aunque el análisis no indicará directamente la cantidad de esos nutrientes que va a suministrar el suelo, sí que da una pauta sobre si es necesario suplementarlo o no con otras fuentes.

Planta de maíz en floración

Respecto al nitrógeno, la mayor parte está en el suelo en forma orgánica (no directamente asimilable); la determinación de la materia orgánica que contiene el suelo permite obtener una buena estimación de la cantidad de nitrógeno que será liberado (tabla 4.2). Al tratarse de un cultivo de verano puede aprovechar la mayor parte de ese nitrógeno.

Si se desea tener un conocimiento más ajustado de la disponibilidad real de nitrógeno mineral, se puede recurrir al análisis de nitrógeno mineral en el suelo (nitratos), hasta una profundidad de 60 cm. La cantidad de nitrógeno así obtenida puede considerarse que está disponible inmediatamente para el cultivo.

El agua de riego contiene siempre cierta cantidad de sales, muchas de las cuales son nutrientes. En España, donde el maíz se cultiva mayoritariamente en regadío, el volumen de agua añadido es muy importante, de modo que cualquier sal que ésta contenga, será aportada también en cantidades considerables.

Cuando el agua de riego procede de sondeos es muy habitual que contenga cantidades muy importantes de nitrógeno, directamente asimilable. Cuando son aguas superficiales, el contenido de nitrógeno será bajo, pero pueden contener potasio o, si reciben algún tipo de vertido, fósforo u otros elementos.

También el agua de lluvia realiza pequeños aportes de nitrógeno disuelto a través de la atmósfera. Se calcula unos 8 kg N/ha anualmente.

Es imprescindible conocer la calidad del agua para manejarla adecuadamente. Esa información puede proceder de los organismos de cuenca o de un análisis realizado por el propio agricultor.

Los restos de cosecha contienen una parte importante de los nutrientes extraídos por la planta, por lo que su restitución o no al suelo, re-

Cultivo de maíz en Aragón

percute en las aportaciones que de los mismos se hagan al cultivo.

Es habitual que el maíz forme parte de una rotación de cultivos detrás de una leguminosa (alfalfa, guisante, veza, etc.). En este caso, es importante considerar el aporte de nitrógeno fijado por la leguminosa que pasará al cultivo del maíz, y que de forma orientativa puede situarse, si se trata de la alfalfa, entre los 100 y 150 kg N/ha.

Si el precedente no es una leguminosa, esa fijación no se da, pero debe tenerse en cuenta que si la fertilización fue superior a las necesidades, es decir, si se obtuvo una cosecha inferior a la prevista, habrá un residuo de nutrientes a disposición del maíz.

Los fertilizantes orgánicos, cuyo uso es cada vez más habitual en la agricultura, contienen una cantidad de nutrientes que se liberarán con la mineralización de esa materia orgánica (en general de forma más lenta que los fertilizantes minerales). Cuanto menor es la relación C/N, más rápidamente se mineralizan los aportes orgánicos. En la tabla 6.7 se indica la composición media de estiércoles de diferentes especies.

Los fertilizantes minerales están presentes en el mercado en una gran diversidad de formulaciones, con formas y concentraciones de nutrientes que permiten adaptarse a las necesidades del cultivo no cubiertas con las fuentes antes mencionadas. Por ello, la necesidad de estos fertilizantes debe calcularse para "cerrar" el balance entre la demanda del cultivo y la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Respecto a los nutrientes secundarios y microelementos, en general el suelo es capaz de proporcionar las cantidades requeridas. Los restos de cosecha, los fertilizantes orgánicos, y en menor medida los fertilizantes minerales son una fuente adicional de estos nutrientes. Localmente, en áreas con particulares condiciones de suelo, pueden darse deficiencias de magnesio o de azufre, y difícilmente de calcio. No suelen presentarse deficiencias importantes de microelementos, con excepción del zinc.

En caso de deficiencias, puestas de manifiesto por síntomas en el cultivo, detectadas mediante análisis de suelo o de planta, puede recurrirse a fertilizantes minerales que contengan esos nutrientes secundarios y microelementos. No de-

Parcela de maíz

ben realizarse estos aportes con carácter preventivo y sin conocimiento del estado del suelo, puesto que ello puede ser innecesario o perjudicial.

RECOMENDACIONES DE ABONADO

Dosis y fraccionamiento

El aporte de nutrientes debe calcularse como un balance en el que entradas y salidas deben quedar compensadas:

- Las salidas son la demanda del cultivo que se obtienen multiplicando las necesidades de nutrientes (en kg/t de grano) por la producción realmente esperable.
- Las entradas deben calcularse para cada fuente de nutrientes, como antes se ha señalado.

Los nutrientes que son retenidos por el suelo pueden ser aportados de una sola vez en el abonado de fondo, pero esto no debe hacerse para el nitrógeno ya que es un elemento móvil. La dosis total de nitrógeno debe fraccionarse entre fondo y, al menos, una cobertera. En suelos con poca capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes debe recurrirse a dos coberteras.

Es recomendable aplicar en torno a 1/3 del total de nitrógeno en fondo, junto al fósforo y el potasio, y el resto en una cobertera, cuando el maíz tiene 40 cm de altura (8 hojas). Si se hacen dos coberteras, la segunda será con el maíz a 1 m de altura, dividiendo en dos partes el nitrógeno que se aporta en cobertera.

Las coberteras deben servir para ajustar la dosis de nitrógeno, puesto que en ese momento se conocen mejor las expectativas de cosecha.

A modo de ejemplo, se indican, de forma práctica y sencilla, los cálculos básicos para establecer la recomendación de abonado para un cultivo de maíz con una expectativa de producción de 12.000 kg/ha de grano comercial, teniendo en cuenta las necesidades de nutrientes recogidos en las tablas 17.6 y 17.7.

Tabla 17.6. Necesidades (kg/t grano)

Concepto	N	P_2O_5	K_2O
Grano	18	7	4
Parte aérea	9	3	16
Total	**27**	**10**	**20**

Tabla 17.7. Necesidades (kg para una producción de 12 t de grano/ha)

Concepto	N	P_2O_5	K_2O
Grano	216	84	48
Parte aérea	108	36	192
Total	**324**	**120**	**240**

Balance de nutrientes

Salidas para una producción de 12 t/ha:

Nitrógeno (N) .....324 kg/ha

Fósforo (P_2O_5) .....120 kg/ha

Potasio (K_2O) .....240 kg/ha

Entradas estimadas:

Agua de riego

15 mg NO_3/l (tabla 3.1) ..... 24 kg N/ha

Materia orgánica del suelo

1,5% MO (tabla 4.2) ..... 33 kg N/ha

Deposición atmosférica anual

(capítulo 9)..... 8 kg N/ha

Enterrado de la parte aérea..... 95 kg K_2O/ha

Es práctica habitual en este cultivo, picar y enterrar las cañas y las hojas con lo que se obtienen unas entradas de nutrientes adicionales:

- Las entradas de nitrógeno pasan a formar parte de la MO del suelo y ya se han tenido en cuenta a efectos de este balance.
- Las entradas de potasio, que es el elemento presente en mayor cantidad en la parte aérea del maíz, son muy importantes. Se estima que un 50% del potasio contenido en la parte aérea que se incorpora, está disponible. Es decir, con esta práctica se aportan en torno a 95 kg/ha.
- Las entradas de fósforo por este concepto son poco significativas, ya que este elemento se encuentra presente en la parte aérea del cultivo en proporciones muy inferiores.

Consecuentemente la cantidad de nutrientes que se deben aportar con los fertilizantes deberá ser la correspondiente al balance entre salidas y entradas, que se recoge en la tabla 17.8.

Tabla 17.8. Nutrientes a aportar a través de la fertilización (kg/ha)

	N	P_2O_5	K_2O
Salidas	324	120	240
Entradas	65	0	95
Aporte con fertilizantes	259	120	145

Programa de fertilización

En la tabla 17.9 se recoge a modo de ejemplo, un programa de fertilización para el abonado del maíz.

Tabla 17.9. Programa de fertilización

	Suelos con alto contenido en potasio	Suelos con alto contenido en fósforo
Abonado de Fondo	800 kg/ha NPK 8-15-15	800 kg/ha NPK 12-10-17
Abonado de Cobertera*	1ª aportación (40 cm) 250 kg/ha urea 46 2ª aportación (100 cm) 320 kg/ha NAC 27 ó 330 kg/ha nitrosulfato amónico 26 Si se dispone de sistema de riego por aspersión: 630 kg solución nitrogenada 32 a lo largo del ciclo de cultivo	1ª aportación (40 cm) 200 kg/ha urea 46 2ª aportación (100 cm) 285 kg/ha NAC 27 ó 296 kg/ha nitrosulfato amónico 26 Si se dispone de sistema de riego por aspersión: 530 kg solución nitrogenada 32 a lo largo del ciclo de cultivo

* En suelos básicos o salinos, sustituir el NAC 27 por nitrosulfato amónico 26.

Bibliografía

- Domínguez Vivancos, A., 1984. El abonado de los cultivos. Ed. Mundi Prensa España.
- Guerrero García, A., 1999. Cultivos herbáceos extensivos. Ed. Mundi Prensa.
- Hagin, J.; Tucker B., 1982. Fertilizatión of Dryland and Irrigated Soils. Springer-Verlag.
- Loue, A., 1988. Los microelementos en la agricultura. Ed. Mundi Prensa, España.
- Llanos Company, M., 1984. El Maíz. Ed. Mundi Prensa.
- Porta, J.; López-Acevedo, M.; Roquero, C., 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa. 849 pp. 2ª ed. España.
- Tisdale, S.L.; Nelson, W.L.; Beaton, J.D., 1985. Soil fertility and fertilizers. Ed. Macmillan Publishing Company.

18 ABONADO DE LAS LEGUMINOSAS DE GRANO

Álvaro Ramos Monreal
Doctor Ingeniero Agrónomo
Centro para la Calidad de los Alimentos. INIA

CONSIDERACIONES GENERALES

Las leguminosas de grano han tenido una presencia constante en la agricultura de las distintas partes del mundo, prácticamente desde sus orígenes hace unos 10.000 años, allá en el Neolítico. En España existe constancia de la utilización de las principales leguminosas de grano desde la época de la dominación romana.

La familia Leguminosas (*Leguminosae*), también conocida como Fabáceas (*Fabaceae*), es una familia muy cosmopolita, con 700 géneros y unas 17.000 especies, entre las que existen arbóreas, arbustos y plantas herbáceas. Éstas últimas se podrían dividir, teniendo en cuenta su utilización agrícola, en leguminosas de grano, leguminosas hortícolas, leguminosas forrajeras, y leguminosas pascícolas.

Las leguminosas de grano, objeto de nuestra atención en este capítulo, es un grupo numeroso y heterogéneo de especies que tuvo en el año 2008 una producción a escala mundial de 280 millones de toneladas, de los cuales 220 millones correspondieron a la soja, que se contempla como oleaginosa. Por consiguiente, estamos considerando unos 60 millones de toneladas que son fundamentales para la alimentación humana y animal en muchos países, principalmente en los menos desarrollados, en tanto que, en países más desarrollados, la proteína necesaria para el consumo humano y animal es obtenida mayoritariamente a través de la carne y el pescado.

Las leguminosas de grano consideradas en este capítulo son las siguientes: garbanzo (*Cicer arietinum L.*), lenteja (*Lens esculenta L.*), habas secas (*Vicia faba L.*), judías secas (*Phaseolus vulgaris L.*), guisantes secos (*Pisum sativum L.*), veza (*Vicia sativa L.*), yeros (*Vicia ervilia L.*), altramuz (*Lupinus sp.L.*), algarroba (*Vicia monanthos L.*) y almorta (*Lathyrus sativus L.*).

Siega de una parcela de leguminosas

Características de los cultivos

La investigación sobre leguminosas, con la excepción de la soja, ha sido mucho menor que la que se ha dedicado a otros cultivos, como por ejemplo los cereales. Como consecuencia, el cultivo de las leguminosas tiene "problemas" variables según la especie. Estos problemas, están relacionados con la oscilación en los rendimientos, con rendimientos bajos o con falta de resistencia a enfermedades. La situación está cambiando gracias al enorme esfuerzo investigador que ha venido realizando la Unión Europea, que comenzará a dar sus frutos en los próximos años.

Las leguminosas se siembran generalmente en otoño, antes que los cereales, pero existen especies que aunque tradicionalmente se sembraban exclusivamente en primavera, en la actualidad, como consecuencia de programas específicos de investigación, disponen tanto de variedades para siembra primaveral como otoñal, como ocurre en garbanzos o guisantes.

La mayor parte de las leguminosas de grano tienen una gran capacidad de adaptación a las diversas condiciones de clima y suelo. Todas ellas se consideran como plantas insustituibles en las alternativas, por su capacidad de establecer simbiosis con las bacterias nitrofijadoras del género *Rhizobium* que asimilan el nitrógeno atmosférico, base sólida para la agricultura sostenible.

Descripción botánica y fisiológica

Las flores de las leguminosas pueden variar de tamaño, teniendo el cáliz cinco sépalos (raramente tres o seis) y la corola cinco pétalos libres o parcialmente unidos.

Las inflorescencias pueden aparecer como flores solitarias en racimos terminales o axilares, modificándose a veces hasta parecer cabezuelas o incluso umbelas. Los frutos disponen de un gineceo súpero, monocarpelar, con desarrollo muy variable y tendencia a la reducción en el número de óvulos.

En las raíces predomina el sistema primario, a menudo profundas y casi siempre con nódulos poblados de bacterias del género *Rhizobium* que asimilan el nitrógeno atmosférico.

Las leguminosas, efectivamente, ponen en marcha, con ciertas bacterias del suelo, la fijación simbiótica del nitrógeno que convierte el nitrógeno atmosférico (N_2) en nitrógeno mineral que puede ser asimilado por la planta, siendo este nitrógeno la clave de la productividad y la competitividad agraria.

Exigencias climáticas y edáficas

Las leguminosas se adaptan a una banda de pH de 5,5 a 8, como la mayor parte de los cultivos. En suelos con altos niveles de caliza activa pueden aparecer problemas de clorosis férrica. Los altramuces se desarrollan mejor en suelos sin carbonatos, con pH por debajo de la neutralidad.

El *Rhizobium sp*. está presente normalmente en los suelos españoles, por lo que la inoculación no es necesaria. Puede ocurrir, sin embargo, que en ocasiones la población de *Rhizobium sp*. en el suelo sea muy escasa o no exista por la desaparición del cultivo en la zona, situación que afectaría negativamente al cultivo. Convendría en estos casos cerciorarse de la situación exacta e inocular la semilla con el *Rhizobium sp*. adecuado a la especie objeto de nuestra siembra.

Se hace comúnmente la distinción entre leguminosas de invierno y de primavera, como en cereales, pero en el caso de las leguminosas esta distinción está únicamente relacionada con la resistencia al frío. Ya hemos dicho que en algunos casos existen variedades adaptadas a la siembra otoñal. La siembra de otoño, en zonas donde las lluvias otoñales son más seguras, permite obtener mayores producciones.

Importancia en España

Las leguminosas en general tuvieron una enorme importancia en España, tanto en alimentación humana como en alimentación animal. A partir de los años sesenta del siglo pasado, su cultivo y su utilización en la alimentación humana se relegó y se sustituyó por importaciones y por una dieta más carnívora, como en el resto de los países desarrollados. El consumo humano de leguminosas se identificó como sinónimo del bajo nivel de vida de otros tiempos. Se perdieron así hábitos alimenticios que los expertos recomiendan en la actualidad.

Habría que señalar el potencial de los yeros. España es posiblemente el único país europeo donde se conocen y se cultivan, y que ha desarrollado un programa de mejora específico. Hay otras muchas leguminosas que contribuyen a aumentar la diversidad de nuestros cultivos, que son desconocidas en Europa, corriendo el riesgo de desaparecer.

La superficie sembrada de las distintas especies de leguminosas de grano se refleja en la tabla 18.1, donde además se muestra la evolución de su cultivo en España durante los últimos años.

Tabla 18.1. Superficie de leguminosas de grano (000 ha)

Cultivo	Años				
	2000	2005	2006	2007	2008
Judías secas	14,7	10,6	9,2	8,5	7,0
Habas secas	12,4	59,5	36,6	25,7	22,3
Lentejas	24,4	36,2	25,2	16,9	17,5
Garbanzos	76,9	61,0	25,2	30,6	21,2
Guisantes secos	41,3	151,5	149,3	142,2	107,3
Veza	160,2	142,1	47,8	34,6	21,9
Yeros	106,0	86,7	19,1	12,3	12,8
Altramuz	15,4	13,7	9,7	7,5	5,3
Total leguminosas de grano	**451,3**	**561,3**	**322,1**	**278,3**	**215,3**

Fuente: MARM (2008)

Las leguminosas de grano de consumo humano, salvo excepciones, como serían aquellas que cuentan con una IGP (Indicación Geográfica Protegida) o similar, se encuentran en regresión y las necesidades españolas se satisfacen con importaciones principalmente de Canadá, Australia, Méjico o Turquía.

Como ya se ha dicho, la proteína vegetal destinada a la fabricación de piensos compuestos se importa en su mayor parte, destacándose el gran ascenso, relativo, del guisante proteaginoso, objeto de nuestra dedicación en programas de mejora desde 1984.

En la tabla 18.2 se presenta la distribución de la superficie de leguminosas de grano en las principales Comunidades Autónomas en el año 2007.

Tabla 18.2. Superficie de leguminosas por CC.AA. (000 ha). Año 2007

Castilla y León	135,6
Andalucía	53,5
Castilla-La Mancha	44,6
Extremadura	16,1
Aragón	7,8
Otras	20,7
TOTAL ESPAÑA	**278,3**

Fuente: MARM (2008)

NECESIDADES NUTRICIONALES

Papel de los nutrientes

El **nitrógeno** en las leguminosas está directamente ligado a la presencia de *Rhizobium sp.*, bacteria fijadora de este nutriente que actúa en simbiosis con dicho cultivo, lo que en principio haría que no fuera necesaria su aportación en la mayoría de los suelos españoles. Las leguminosas, en su primera fase de cultivo, hasta que no se ha producido la simbiosis con el *Rhizobium sp.*, se comporta como cualquier planta que tiene que obtener nitrógeno de la solución del suelo. La aplicación de pequeñas dosis de nitrógeno en la primera fase de la formación de la plántula, como mínimo del orden de 25 kg N/ha, es especialmente recomendada en períodos fríos y cuando las condiciones medioambientales no son favorables a la simbiosis.

En la tabla 18.3 se recogen las especies de *Rhizobium* y las plantas a las que nodula. La especificidad existe no sólo entre leguminosa-*Rhizobium* sino también a nivel de raza, aunque en ocasiones varios géneros de leguminosas comparten la misma bacteria. En países como Estados Unidos, Brasil, Argentina, Canadá, donde las leguminosas alcanzan especial importancia, se seleccionan razas de *Rhizobium* para las nuevas variedades.

Es importante conocer la existencia y concentración en el suelo del *Rhizobium* sp. adecuado a la leguminosa de nuestra elección a través de un laboratorio especializado, especialmente cuando hayan pasado muchos años sin presencia de leguminosas en la parcela. De ello va a depender nada menos que la fertilización nitrogenada.

El **fósforo** estimula el desarrollo del sistema radicular, del tallo, de la floración, y consecuentemente el número de vainas y granos, habiéndose comprobado que su aplicación como abonado de fondo aumenta el peso de los nódulos del *Rhizobium sp*. Para el cálculo de la cantidad a aplicar, debe tenerse en cuenta la retrogración que sufre este elemento, especialmente en terrenos calizos y la adsorción del suelo proporcional al contenido de arcilla. La aplicación del fósforo es más efectiva cuando el contenido de este elemento en el fertilizante sea soluble en agua y en citrato amónico.

El **potasio** favorece la síntesis de los hidratos de carbono y la formación de proteínas, los dos componentes más importantes de las leguminosas de grano. Interviene en la regulación de la transpiración y su aplicación favorece la resistencia a la sequía, heladas y enfermedades criptogámicas, y de igual forma que el fósforo estimula la formación de nódulos y el desarrollo del sistema radicular.

Tabla 18.3. Especies de *Rhizobium* y leguminosas de grano a las que nodula

Bacterias	Plantas noduladas	
	Género	Especie
Rhizobium leguminosarum	*Vicia*	Alberjones Algarrobas Habas Vezas Yeros
	Pisum	Guisantes
	Lathyrus	Almortas Titarros
	Lens	Lentejas
Biovariedad Phaseoli	*Phaseolus*	Alubias
Rhizobium sp. (Cicer)	*Cicer*	Garbanzo
Rhizobium meliloti	*Trigonela*	Alholva
Rhizobium loti *Bradyrhizobum sp. (Lupinus)*	*Lupinus*	Altramuz
Bradyrhizobum japonicum	*Glycine*	Soja

Fuente: Elaboración propia

Cuando se presentan deficiencias de **azufre**, el aporte del orden de 20 kg/ha en los cultivos que entran en la alternativa serán suficientes. La aplicación de azufre puede llevarse a cabo a través de fertilizantes que contengan este elemento, como los superfosfatos de cal o los abonos complejos que lo contengan.

La deficiencia de **magnesio** produce clorosis, primero en las hojas más viejas avanzando a las más jóvenes, en los momentos próximos a la floración. La aplicación de magnesio será necesaria cuando el suelo contenga menos de 0,5 meq de magnesio disponible por 100 mg de suelo.

También es importante prestar atención a los micronutrientes. Entre ellos, la deficiencia en **boro** provoca abortos florales y vainas semillenas.

Las deficiencias en **manganeso** se presentan en suelos con pH superior a 6,8 de tipo orgánico y mal drenados. Los síntomas se manifiestan en forma de clorosis.

La corrección de la deficiencia en **molibdeno** se suele efectuar impregnando la semilla antes de la siembra con goma arábiga y 35 g/ha de molibdato sódico.

En la tabla 18.4 se indica el pH óptimo para el cultivo de las diferentes leguminosas de grano.

Tabla 18.4. pH óptimo para el cultivo de las diferentes leguminosas de grano

Cultivo	pH óptimo
Judías secas	4,5-7,5
Habas secas	5,0-8,0
Lentejas	5,5-8,0
Garbanzos	6,0-9,0
Guisantes secos	5,5-8,5
Veza	5,8-8,0
Yeros	6,0-8,5
Altramuz	5,5-6,8

Extracciones del cultivo

Las extracciones medias de las diferentes leguminosas de grano son del orden de:

40-90 kg N/ha; 20-50 kg P_2O_5/ha; 30-90 kg K_2O/ha

A continuación se recoge una tabla de extracciones de nutrientes de las diferentes leguminosas de grano:

Tabla 18.5. Extracciones medias de las leguminosas de grano (kg/t grano)

Cultivo	N	P_2O_5	K_2O
Judías secas	50	20	32
Habas secas	60	17	45
Lentejas	47	8	12
Garbanzos	45	8	35
Guisantes secos	43	20	30
Veza	45	15	26
Yeros	36	10	13
Altramuz	85	21	43

RECOMENDACIONES DE ABONADO

Con la aplicación de los elementos básicos nutritivos al suelo se favorece la simbiosis, se aumenta la producción y se incrementa la rentabilidad. El abonado de las leguminosas se viene realizando de forma tradicional y normalmente en sementera.

Para el cálculo de la dosis de abonado habrá que tener en cuenta las extracciones de cada uno de los nutrientes, que deberán compensarse con el aporte de los fertilizantes. Si se aplican fertilizantes orgánicos en la rotación, habrá que considerar el contenido de nutrientes que estos aporten, para calcular el cómputo de la fertilización mineral, si bien teniendo en cuenta el tiempo necesario para la mineralización del fertilizante orgánico.

Las necesidades de nitrógeno de las leguminosas serán atendidas en su mayor parte por la

fijación de nitrógeno atmosférico por *Rhizobium sp.*, mientras que las de fósforo y potasio se situarían entre 40-70 kg P_2O_5/ha y 40-100 kg K_2O/ha, respectivamente.

En la tabla 18.6 se indican unas recomendaciones de abonado en unas condiciones normales de contenido de nutrientes en el suelo y una precipitación media anual del orden de 400 l/m^2.

Tabla 18.6. Recomendaciones de abonado para leguminosas (kg/ha)

Producción (kg/ha)	N	P_2O_5	K_2O
Hasta 1.000	10-15	20-30	25-40
1.000-2.000	15-20	30-40	35-50
Más de 2.000	20-30	40-70	45-100

En condiciones de regadío las dosis de fósforo y potasio se deberán elevar al menos en un 25 por cien.

El garbanzo es una planta con altas necesidades en azufre, aunque todavía no se han hecho estudios muy exhaustivos. En general, únicamente se han visto algunas deficiencias poco serias de hierro, zinc y molibdeno, fácilmente corregibles con aspersiones foliares.

En las lentejas son también fundamentales el azufre (S) y el zinc (Zn), ya que éste último incrementa la altura de la planta.

Las leguminosas, además de "fabricar" el nitrógeno que necesitan, dejan el "exceso" en el suelo a disposición de la cosecha siguiente, que experimentará un notable aumento en la producción con un aporte mucho menor de este nutriente. Este exceso depende de muchos factores y por tanto, el aporte realizado por la fijación simbiótica puede ser muy variable entre años. Es recomendable conocer la situación al inicio del cultivo siguiente con un análisis del suelo.

Si se desea que las leguminosas sean un cultivo productivo, deben de ser tratadas como los demás, no como el pariente pobre, que es la práctica más habitual.

Detalle de parcela bien poblada

Bibliografía

- Franco, F. y Ramos, A., 1996. El cultivo de las leguminosas de grano en Castilla y León.
- Guerrero, A.,1999. Cultivos herbáceos extensivos. 6ª Edición. Mundi-Prensa
- Hycka, M. Veza común, su cultivo y utilización. 1970, CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). Estación Experimental de Aula Dei.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2008a. Anuario de Estadística Agroalimentaria y Pesquera 2007. www.mapa.es/estadística/pags/anuario/2007/capítulos/AEA-C09.pdf
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2008b. Avances de Superficies y Producciones de Cultivos. Julio 2008. www.mapa.es/estadística/pags/superficies/pdf/avances_cultivos_2008_07.pdf
- Muslera, E. y Ratera, C., 1991. Praderas y forrajes producción y aprovechamiento. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa.
- Pozo, M. del, 1983. La alfalfa. Ediciones Mundi-Prensa.

19 ABONADO DE LA PATATA

Horacio López Córcoles
Doctor Ingeniero Agrónomo
Prudencio López Fuster
Doctor Ingeniero Agrónomo
Instituto Técnico Agronómico Provincial (ITAP). Diputación de Albacete

Las especies herbáceas que se cultivan en España con el objetivo principal de aprovechar los tubérculos que producen, son por orden de importancia económica: la patata (*Solanum tuberosum L.*), el boniato (*Ipomoea batatas (L.) Poir*) y la chufa (*Cyperus esculentus L.*).

La patata es materia prima de innumerables y muy variadas aplicaciones, si bien la más importante con diferencia es la alimentación humana bajo distintas modalidades: consumo en fresco, procesado industrial bien fritas en hojuelas, o bien fritas en tiras congeladas, puré de patata, aguardientes (vodka), etc. La patata es el primer cultivo mundial no perteneciente al grupo de los cereales. La industria la utiliza para innumerables y muy diversas aplicaciones, principalmente del almidón.

Las superficies más importantes corresponden al cultivo de la patata, seguido de la batata, el boniato y la chufa. De estos cultivos, por su implantación en España (tabla 19.1), se trata en el presente capítulo con una especial atención la fertilización del cultivo de la patata.

Tabla 19.1. Resumen nacional de superficie, rendimiento y producción de cultivos tuberosos cultivados en España. Año 2007

Cultivos	Superficie (ha)			Rendimiento (kg/ha)		Producción (t)
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	
Patata	21.750	63.978	85.728	18.304	32.563	2.479.582
Batata	146	721	867	7.211	15.943	12.548
Boniato	1	451	452	9.000	21.525	9.717
Chufa	-	453	453	-	19.200	8.698
TOTAL	**21.897**	**65.603**	**87.500**	**-**	**-**	**2.510.545**

CONSIDERACIONES GENERALES

Especie perteneciente a la familia de las solanáceas, originaria de América del Sur, concretamente de la cordillera de los Andes, donde presenta una gran variabilidad. Los españoles la introdujeron en Europa hacia 1570, aunque fueron los ingleses los que, a través de las Islas Británicas, la difunden en toda Europa. No obstante, el cultivo no comienza a desarrollarse hasta el siglo XVIII y transcurre mucho tiempo hasta adquirir la importancia que tiene en la actualidad.

Campos de ensayo de fertilización en Las Tiesas

Breve descripción botánica de la planta

La mayoría de las patatas cultivadas pertenecen a la especie *Solanum tuberosum L*. Algunas variedades modernas son híbridos entre las subespecies *Tuberosum* y *Andigena* y otras especies como *Solanum demissum*.

Planta de cultivo anual, aunque potencialmente es perenne, ya que se reproduce por tubérculos. El tallo herbáceo se ramifica en tallos secundarios, que cuando parten muy cerca del tubérculo semilla se forman estolones o tallos laterales subaéreos. Además de acumular productos de reserva, el tubérculo es también un órgano de propagación. La planta produce flores y frutos con dos cavidades o lóculos en los que se alojan las semillas, aunque rara vez se ha cultivado la planta a partir de la semilla.

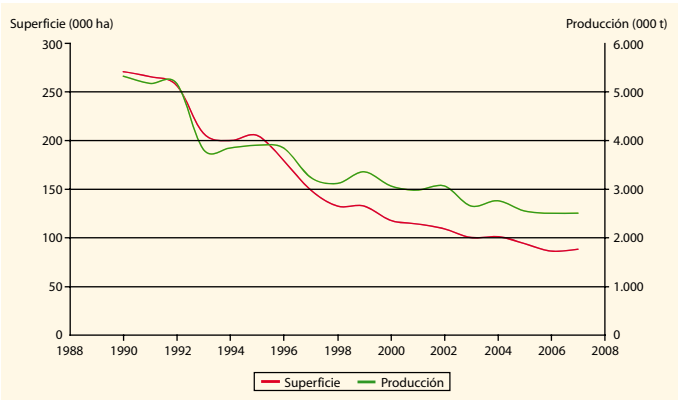
Exigencias climáticas y edáficas

La patata es un cultivo de zona templada, aunque tiene una cierta capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas.

No soporta temperaturas bajas y es sensible a las heladas, lo que obliga a cultivar la patata extratemprana y temprana en las zonas del sur y del litoral español. Sin embargo, la patata de media estación y tardía se cultiva principalmente en Castilla y León y Galicia.

Con relación al régimen de humedad, el cultivo exige agua en abundancia lo que lo relega a zonas de regadío en la mayor parte de España. Para un ciclo de media estación la evapotranspiración del cultivo puede oscilar entre 4.750 y 5.600 m³/ha. La programación de riegos debe realizarse minuciosamente, ya que el estrés hídrico

Figura 19.1. Serie histórica de superficie y rendimiento de la patata



Fuente: MARM (2008)

o el exceso de agua puede llevar a la disminución del rendimiento y la calidad.

Este cultivo se adapta a diferentes condiciones de suelo, aunque deben estar mullidos y aireados. Los terrenos compactados y pedregosos deforman los tubérculos al encontrar impedimentos mecánicos en su desarrollo. Se ha descrito como un cultivo que prefiere un pH ligeramente ácido (5,5-7,0) y que incluso tolera suelos con un pH muy ácido.

Tabla 19.2. Distribución por CC.AA. de las superficies y producciones. Año 2007

Comunidades Autónomas	Superficie (ha)			Producción (t)
	Secano	Regadío	Total	
Galicia	13.979	4.034	18.013	372.776
Baleares	-	1.510	1.510	50.450
Castilla y León	604	21.541	22.145	841.807
Castilla-La Mancha	98	3.787	3.885	102.100
Andalucía	706	17.873	18.579	550.663
Canarias	1.553	2.710	4.263	85.646
Otras	4.810	6.523	17.333	476.140
ESPAÑA	**21.750**	**63.978**	**85.728**	**2.479.582**

Importancia en España

Si nos fijamos en la evolución de las superficies de cultivo (figura 19.1) puede observarse que en los últimos años hemos asistido a un descenso importante de estas superficies. En el año 1990 se registró en España una superficie cultivada de 271.300 ha y ha ido descendiendo hasta las 87.500 ha de la actualidad. La producción también ha sufrido un descenso, pasando de los 5,3 millones de toneladas a los 2,5 millones de la actualidad. Se puede apreciar que en la última década el rendimiento del cultivo se ha visto ligeramente incrementado.

En la tabla 19.2 se indica la distribución regional de las superficies de cultivo, secano y regadío, en el último año publicado. Destacan las Comunidades de Galicia, Andalucía y Castilla y León que representan el 71,2% de la superficie nacional.

Ciclo del cultivo

En España se cultivan distintos ciclos de cultivo, clasificados básicamente en cuatro grupos: extratemprano, temprano, media estación y tardía. En la tabla 19.3, se recoge la serie histórica de superficie y producción. A partir del año 1990 para cada uno de estos ciclos, se puede observar que la superficie de cultivo se ha mantenido estable para la patata extratemprana, mientras que ha descendido notablemente para el

Tabla 19.3. Serie histórica de superficie y producción según épocas de recolección

Año	Patata extratemprana		Patata temprana		Patata media estación		Patata tardía	
	Superficie (000 ha)	Producción (000 t)	Superficie (000 ha)	Producción (000 t)	Superficie (000 ha)	Producción (000 t)	Superficie (000 ha)	Producción (000 t)
1990	3,9	63,6	36,5	731,5	149,5	2.936,9	81,4	1.598,7
1996	4,3	63,7	30,6	593,1	98,8	2.074,8	46,4	1.124,1
2000	3,8	71,2	24,0	525,1	59,4	1.578,1	31,4	903,7
2005	3,7	69,6	17,4	393,8	48,7	1.303,0	25,2	797,1
2006	4,2	90,7	16,8	430,4	44,4	1.266,4	21,8	727,6
2007	3,5	82,1	15,9	439,3	42,7	1.182,6	23,5	775,6
2008 (P)	3,5	75,5	14,6	356,4	43,8	1.176,8	23,2	756,7

(P) Provisional

Fuente: MARM (2008)

resto de los ciclos. La producción ha descendido también conforme lo ha hecho la superficie, si bien se observa un aumento de los rendimientos con el transcurso de los años.

NECESIDADES NUTRICIONALES

Papel de los nutrientes y micronutrientes

Aunque la calidad depende en gran medida de la variedad, la disponibilidad de nutrientes influye evidentemente en la misma. Los parámetros de calidad están marcados por el destino de la producción, dependiendo si es para el mercado fresco o la industria. Dentro de ésta, las posibilidades son varias, desde la industria de la congelación hasta la fritura industrial (donde la presencia de azúcares reductores es poco deseable por el color oscuro que transfieren a las patatas fritas), pasando por la deshidratación para purés o la extracción del almidón.

El **nitrógeno** aumenta el desarrollo de la planta, el área foliar y, por tanto, la superficie que es capaz de fotosintetizar. La materia seca total aumenta y también el tamaño de los tubérculos y su contenido en almidón. La disponibilidad del nitrógeno debe estar asociada a su ritmo de absorción y la estrategia de una buena fertilización debe estar basada en aportar los fertilizantes en tiempo y forma que sean asimilados por la planta.

Un exceso de este elemento o el aporte tardío es contraproducente ya que produce un desarrollo excesivo de la parte aérea a expensas de la tuberización, así como un alto contenido en azúcares reductores y alto contenido en proteína. Además, las enfermedades encuentran un medio adecuado para su desarrollo.

El **fósforo** favorece el desarrollo radicular, el número de tubérculos y la concentración de almidón. Además, produce un desarrollo más temprano del cultivo y adelanta la tuberización, lo que es especialmente interesante para los cultivos extratempranos.

El **potasio** influye fundamentalmente en el contenido en materia seca, lo que está directamente relacionado con la susceptibilidad a los daños por golpes y al comportamiento en el almacenaje. Favorece, además, el crecimiento radicular, incrementa la resistencia a las heladas, a la sequía y a las enfermedades criptogámicas.

Cultivo de patata en fertirrigación

La patata se muestra especialmente sensible a la carencia de **magnesio** por ser un elemento constituyente de la clorofila y de diversas enzimas.

En determinados suelos arenosos se puede presentar la carencia de **calcio**, elemento necesario para la división y el crecimiento celular, así como para diversos procesos metabólicos y de absorción de nutrientes.

La aportación de **azufre** está relacionada con efectos favorables en la formación del tubérculo, por lo que puede recomendarse el empleo de fertilizantes que contengan este elemento (sulfato amónico, nitrosulfato amónico, sulfato potásico o abonos NPK conteniendo azufre).

Necesidades y absorción de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo

La patata es un cultivo especialmente exigente en nitrógeno y potasio. Los valores de nutrientes absorbidos varían en función, por un lado, de la duración del ciclo, de la variedad, etc., y por otro, de la disponibilidad de los mismos y del rendimiento. De forma orientativa, las necesidades, expresadas en kilogramos de elementos nutritivos por tonelada de tubérculos producidos son:

3,5-5 kg N/t; 1,5-2 kg P_2O_5/t; 6-10 kg K_2O/t

Fisiopatías

El cultivo de la patata presenta ciertas fisiopatías relacionadas con la nutrición, bien por exceso o por defecto de determinados elementos.

- Filosidad (brotes largos y delgados): aunque se producen por diversas causas, también se relaciona con un déficit en manganeso.
- Tubérculos ahuecados y con grietas: se producen principalmente por aportes excesivos de nitrógeno durante el último periodo en el ciclo del cultivo.

RECOMENDACIONES DE ABONADO

Como norma general y en ausencia de otros factores, la relación $N.P_2O_5.K_2O$ habitual en el abonado de fondo es 1.2.3, debiéndose completar con las aportaciones de nitrógeno en cobertera. No obstante, la aplicación de fertilizantes debería estar basada en el análisis de suelo de la parcela a cultivar y en el lugar que ocupa el cultivo en la rotación. Normalmente, la patata es cabeza de rotación.

Planta de patata en floración

Cálculo de la dosis

De forma generalizada en todos los cultivos, para el cálculo de la dosis deberá tenerse en cuenta el balance de cada uno de los nutrientes, es decir, las entradas y las salidas. La diferencia entre las salidas y las entradas de nutrientes debe compensarse con los fertilizantes, corregidos con la correspondiente eficiencia.

Para determinar las necesidades de fertilizante nitrogenado se deberá tener en cuenta la mineralización de la materia orgánica. Esta cuestión es clave pero difícil de determinar a priori porque influye, además del contenido de materia orgánica y el tipo de suelo, la meteorología. No obstante, los centros de transferencia y

de asesoramiento de las distintas regiones disponen de datos medios de mineralización que pueden ser utilizados como una buena estimación.

Si cuando se va a proceder al abonado no se encuentra una formulación con el equilibrio exacto que se desea aplicar, hay que darle prioridad al nitrógeno frente al resto de elementos.

Épocas y momentos de aplicación

La práctica habitual es aplicar toda la dosis de fósforo y de potasio en presiembra, junto con una pequeña proporción de nitrógeno (alrededor del 20%), unos días antes de la siembra.

El resto del nitrógeno debe ser aportado a partir de los 20 días de la emergencia. Para evitar su lixiviación, las aportaciones deberán acompasarse al ritmo de absorción de nitrógeno por la planta, norma que es especialmente importante en suelos ligeros.

Si la parcela es de regadío y el sistema de riego lo permite, el mejor método de aplicación del nitrógeno es la fertirrigación. Esta práctica permite aportar el nitrógeno paulatinamente desde la emergencia hasta que el cultivo presenta el 80% de cobertura del suelo.

Forma en que se aportan los elementos nutritivos (mineral/orgánica)

Debido a que este cultivo suele ser cabecera de rotación, es normal aplicar una aportación de estiércol de 20 t/ha.

La práctica habitual es aplicar el fertilizante de fondo mediante un complejo NPK. En cobertera se suele emplear urea, solución nitrogenada 32, etc., y nitrosulfato amónico cuando se desea aportar también azufre especialmente indicado en suelos calizos.

Programas de fertilización

De acuerdo con las consideraciones anteriores, se proponen en la tabla 19.4 diferentes programas de abonado mineral.

Tabla 19.4. Programas de fertilización de patata para diferentes rendimientos

RENDIMIENTO	PRESIEMBRA	COBERTERA
20 t/ha	800 kg/ha NPK 4-8-16 / 400 kg/ha NPK 9-18-27	200 kg/ha solución nitrogenada 32 ó 250 kg/ha nitrosulfato amónico 26
40 t/ha	1.000 kg/ha NPK 4-8-16 / (500 kg/ha NPK 9-18-27 + 200 kg/ha sulfato potásico 50)	200 kg/ha solución nitrogenada 32 ó 250 kg/ha nitrosulfato amónico 26

Aplicar indistintamente cualquiera de los fertilizantes indicados.

Bibliografía

- Alonso, F., 1996. El cultivo de la patata. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.
- Darpoux, R.; Debelley, M., 1969. Plantas de escarda. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.
- Delgado, JA.; Riggenbanch, RR.; Sparks, RT.; Dillon, MA.; Kawanabe, LM.; Ristau, RJ., 2001. Evaluation of Nitrate-Nitrogen Transport in a Potato-Barley Rotation. Soil Sci. Soc. Am. J. 65: 878-883.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2008. Anuario de Estadística Agroalimentaria 2007.
- Scaziota, B.; De Marco, G.; Palchetti, E.; La Rocca, F.; Vecchio, V., 2002. Come distribuiré l'azoto in coltore extrastagionali di patata. L'Informatore Agrario 2: 63-65.

20 ABONADO DE CULTIVOS INDUSTRIALES: REMOLACHA AZUCARERA Y ALGODÓN

José Luis Bermejo Corrales
Ingeniero Agrónomo
AIMCRA. Sevilla

Dentro de los cultivos industriales, el Anuario de Estadística Agraria del MARM incluye una amplia gama de familias de cultivos: plantas azucareras (caña de azúcar y remolacha azucarera), plantas textiles (algodón, lino, cáñamo), plantas oleaginosas y otras plantas industriales como el tabaco, plantas aromáticas, etc.

El objeto de este capítulo es analizar la fertilización de la remolacha azucarera y el algodón, como los cultivos más representativos de las plantas azucareras y textiles. Dentro de las plantas oleaginosas, se tratarán en otro capítulo la fertilización del girasol, colza y soja.

Parcela de remolacha antes del cierre de calles

ABONADO DE LA REMOLACHA AZUCARERA

CONSIDERACIONES GENERALES

El azúcar se obtiene industrialmente tan sólo de dos cultivos, la caña y la remolacha. La caña se ha producido en grandes cantidades en las regiones tropicales durante siglos y continúa siendo fundamental en el suministro mundial de azúcar. La remolacha azucarera es un cultivo relativamente nuevo, apareciendo la primera referencia de presencia de sacarosa en la raíz de remolacha con el químico francés Olivier de Serres, en 1705. Actualmente, la cuarta parte de la producción mundial de azúcar proviene de la remolacha azucarera.

Descripción botánica y fisiológica

La remolacha azucarera, *Beta vulgaris* var. *sacharífera* L, es una planta de la familia de las Quenopodiáceas. La especie actual se ha conseguido por selección humana a partir de la *Beta marítima*.

El ciclo vital de la planta es de dos años y su principal órgano aprovechable es la raíz. Durante el primer año, la planta desarrolla la raíz donde acumula las sustancias de reserva y una corona de hojas. En el segundo año, se desarrolla el tallo produciendo flores en espiga, que son hermafroditas con polinización cruzada. Las flores fecundadas producen los frutos (glomérulos) que llevan las semillas. Para el aprovechamiento industrial interesa producir raíces voluminosas con alto contenido en materia seca y ricas en sacarosa.

Exigencias climáticas y edáficas

El cultivo requiere un clima templado, soleado y húmedo. La intensidad de la iluminación favorece la fotosíntesis y por tanto la síntesis de sacarosa. Respecto a la temperatura, la óptima se encuentra alrededor de 20 ºC. En España, existen dos modalidades o tipos de siembra:

- Primaveral: Se realiza en la zona norte. La siembra comienza en los últimos días de febrero y finaliza en los primeros días de abril. La recolección empieza en los primeros días de octubre y finaliza normalmente en los últimos días de diciembre.
- Otoñal: Se realiza en la zona sur. La siembra comienza en los últimos días de septiembre y finaliza en diciembre. La recolección comienza en los primeros días de junio y finaliza a mediados de agosto.

Respecto a las exigencias edáficas, la remolacha requiere suelos francos, con buena estructura, que permitan el desarrollo de la raíz. No obstante, vegeta bien tanto en suelos arenosos como en suelos arcillosos. El cultivo se ve favorecido con un pH cercano a la neutralidad (6,5-7,5), si bien con pH básicos (8,0-8,5) se consiguen rendimientos altos. Tolera la salinidad, siendo la nascencia el único estadio sensible.

Importancia en España

En la tabla 20.1 se refleja la superficie sembrada de remolacha por zonas y la producción obtenida de los últimos años. Las zonas norte y centro corresponden a siembras primaverales y la zona sur corresponde a siembras otoñales.

Tabla 20.1. Superficie y producción de remolacha azucarera por zonas

Campaña	Zona	Superficie (ha)	Prod. Azuc. (t)
2005/06	Norte	60.000	744.621
	Centro	6.750	74.437
	Sur	36.200	263.071
	España	102.950	1.082.129
2006/07	Norte	47.000	554.407
	Sur	28.000	240.600
	España	75.000	795.007
2007/08	Norte	47.100	585.868
	Sur	13.600	124.334
	España	60.700	710.202
2008/09	Norte	38.800	552.000
	Sur	11.800	121.500
	España	50.600	673.500

Fuente: Confederación nacional española de cultivadores de remolacha y caña azucarera (2009)

La reforma del sector azucarero, promovida por la Unión Europea para el periodo 2006-2013, ha supuesto una reducción de la superficie sembrada en España. Así, en la zona centro, el cultivo desapareció en la campaña 2006/07 y en la campaña siguiente la producción nacional se redujo una cuarta parte. Esto provocará que España sea más deficitaria en azúcar de lo que es actualmente, siendo la cuota de azúcar para la campaña 2009/10 de aproximadamente 500.000 t.

NECESIDADES NUTRICIONALES

Extracciones del cultivo

Macronutrientes

Las extracciones medias de macronutrientes por cada tonelada de raíz producida se exponen en la tabla 20.2.

Tabla 20.2. Extracciones medias en recolección para rendimientos altos (kg/t producida)

	N	P_2O_5	K_2O
Hojas	1,4	0,4	3,0
Raíz	1,1	0,7	2,0
Total	**2,5**	**1,1**	**5,1**

La absorción de los nutrientes se produce principalmente en los primeros 70 días después de germinar la remolacha, disminuyendo posteriormente al avanzar el ciclo vegetativo (Gordo, 2003). Por tanto, el aporte del nitrógeno se debe realizar antes del cierre de líneas y el fósforo y el potasio en el abonado de fondo.

Micronutrientes

El boro es el microelemento más importante para la remolacha. Participa en el crecimiento de las plantas, el metabolismo de los ácidos nucleicos, la síntesis de proteínas y facilita el transporte de azúcar.

Las extracciones medias de boro son 55 g/t, estando el 70% concentrado en las hojas.

Deficiencias nutritivas

Macronutrientes

La carencia en **nitrógeno** se manifiesta por una vegetación raquítica con una clorosis general del follaje, posterior amarilleo y desecación de las hojas exteriores.

La carencia del **fósforo** se caracteriza por el color oscuro del follaje, presentándose al final del ciclo zonas púrpuras en las hojas.

La carencia en **potasio** se observa por el ligero enrrollamiento y clorosis amarillenta del borde de las hojas exteriores, necrosándose posteriormente y extendiéndose a toda la zona internervial.

Micronutrientes

La carencia de **boro** empieza en las hojas jóvenes que se ennegrecen y mueren. Los peciolos pueden presentar manchas marrones y acorchadas con grietas transversales. Cuando es grave, pueden producirse oquedades en la corona y ennegrecimiento de los haces vasculares en la raíz.

RECOMENDACIONES DE ABONADO

Macronutrientes

En general, las recomendaciones están basadas en el contenido en nutrientes asimilables del suelo, y en la respuesta de la remolacha a dichos elementos. Existen muchos factores que pueden variar el resultado final, si bien las recomendaciones se realizan para obtener rendimientos altos. A continuación, se exponen las consideradas por AIMCRA (Asociación de Investigación para la Mejora del Cultivo de la Remolacha Azucarera) para el nitrógeno, fósforo y potasio. Para el resto de elementos (calcio, magnesio, azufre y sodio) no se realizan recomendaciones, pues se considera que los suelos en general tienen suficiente cantidad para las necesidades de la remolacha.

Parcela de remolacha antes de incorporar la 2ª cobertera

Nitrógeno

Es el elemento que más influye en la producción y la calidad de la remolacha azucarera. La recomendación varía según sea la siembra primaveral u otoñal.

Siembra primaveral

La recomendación se fundamenta en el contenido que tiene el suelo, antes de aplicar el abono de fondo, de materia orgánica (MO) en % y de nitrógeno en forma nítrica en ppm. Sobre la base de las experiencias realizadas durante años por AIMCRA, la cantidad total de nitrógeno a aplicar viene determinada por la expresión:

Nitrógeno (kg/ha)= 310 - 6 x Nitrógeno Nítrico (ppm) - 70 x MO (%)

Si sólo se dispone de análisis de MO, la cantidad a aplicar en cultivos con altos rendimientos se expone en la tabla 20.3.

El nitrógeno se aplicará en una tercera parte en fondo y el resto en una cobertera (mediados de mayo) o dos coberteras (mediados de mayo y de junio) en forma nítrica o amoniacal. Nunca se debe aplicar después del 30 de junio.

Tabla 20.3. Recomendación de fertilización con nitrógeno en función del nivel de materia orgánica (MO) en el suelo (kg/ha)

Remolacha siembra primaveral	
Nivel de MO	N
Muy bajo	220
Bajo	180
Normal	140
Alto	100

Siembra otoñal

Tabla 20.4. Recomendación de fertilización con nitrógeno (total del ciclo)

Remolacha siembra otoñal
Nitrógeno total (kg/ha)= 60/180, en función de la producción esperada y la fertilidad del suelo

Esta recomendación se repartirá en:

- Fondo: 0-30 kg/ha antes de sembrar, normalmente en forma de abono complejo.
- Cobertera: la cantidad restante se aplicará en una o dos veces, en forma nítrica ó amoniacal.
  - 1ª cobertera: 60 kg N/ha cuando la remolacha tenga de 4 a 8 hojas.
  - 2ª cobertera: la aportación dependerá de la modalidad de cultivo (secano o regadío), del nitrógeno en forma nítrica que tiene el suelo antes de aplicar el abono de fondo y de la pluviometría (riego más lluvia) que ha recibido la parcela en el otoño de esa campaña. La recomendación se expone en la tabla 20.5.

La época de aplicación de la última aportación de nitrógeno se realizará en:

Tabla 20.5. Recomendación de fertilización con nitrógeno en la 2ª cobertera (kg N/ha). Remolacha siembra otoñal

Nitrógeno nítrico en el suelo	Secano		Regadío		
	< 300 l/m²	> 300 l/m²	< 150 l/m²	150-300 l/m²	> 300 l/m²
< 15 ppm	30	60	30	60	90
> 15 ppm	0	30	0	30	60

- Secano: con la remolacha entre 18-22 hojas y/o antes del cierre de calles.
- Regadío: antes del cierre de calles. Nunca después del 15 de marzo.

Fósforo

Se debe aplicar en fondo, realizándose la recomendación en función del contenido de fósforo del suelo, cuya interpretación viene recogida en la tabla 10.1 de la parte primera de la Guía. Las cantidades recomendadas se presentan en la tabla 20.6.

El fósforo puede aplicarse en forma de:

- Abonos complejos binarios o ternarios con distintas concentraciones de fósforo y distintas relaciones de nutrientes.
- Abonos simples, como superfosfatos, que tienen diferentes concentraciones.

Tabla 20.6. Recomendación de fertilización con fósforo (kg/ha)

Contenido en fósforo	P_2O_5
Muy bajo	150
Bajo	125
Medio	75
Alto	50
Muy alto	--

Con el fin de mejorar la estructura del suelo se puede utilizar espuma de azucarera, con un contenido aproximado del 1% de P_2O_5 sobre materia seca.

Potasio

De igual forma que el fósforo, el potasio se debe aplicar antes de la siembra. Las recomendaciones se deben realizar en función del contenido en potasio del suelo y de su textura, cuya interpretación viene recogida en la tabla 11.1 de la parte primera de la Guía.

Las cantidades recomendadas se recogen en la tabla 20.7.

El potasio se puede aplicar en forma de:

- Abonos complejos binarios o ternarios con distintas concentraciones de potasio y distintas relaciones de nutrientes.
- Abonos simples: cloruro potásico y sulfato potásico.

Tabla 20.7. Recomendación de fertilización con potasio (kg/ha)

Contenido en potasio	K_2O
Muy bajo	400
Bajo	300
Medio	200
Alto	100
Muy alto	--

Micronutrientes

En general, los suelos donde se siembra remolacha tienen cantidad suficiente para las necesidades de la remolacha. No obstante, el incremento continuado de los rendimientos requerirá cada vez mayores cantidades de micronutrientes, que si no se aportan adecuadamente, puede acelerar el agotamiento de las reservas del suelo. En algunas parcelas pueden aparecer deficiencias en algún microelemento, pudiendo deberse a su bajo contenido en el suelo o a problemas de asimilación (pH, interacciones con otros elementos, etc.). Aunque en textos científicos están descritos los síntomas carenciales, es necesario realizar un análisis del material vegetal para confirmar las deficiencias.

Parcela de remolacha con cobertura aérea de riego por aspersión

Para el caso particular del boro, un contenido de 2 ppm en el suelo es suficiente para la remolacha. Cuando las concentraciones en el limbo son inferiores a 30 ppm, se pueden presentar deficiencias. Para los suelos con bajo contenido o si aparecen síntomas carenciales, es recomendable aplicar 2 kg/ha de boro soluble. La pulverización foliar se debe realizar antes del cierre de líneas.

Fertilización orgánica y enmiendas

La incorporación al suelo de enmiendas orgánicas, abonos verdes, enterrado de rastrojos,

etc., incrementa la materia orgánica, mejora la estructura y supone un aporte adicional de nutrientes asimilables para el cultivo. Estos nutrientes deben considerarse cuando se va a realizar el plan de fertilización de cada parcela. Para la corrección del pH del suelo, en su caso, se aplicarán enmiendas calizas o magnésicas.

ABONADO DEL ALGODON

CONSIDERACIONES GENERALES

El algodón es un cultivo cuyo aprovechamiento principal es la fibra destinada para la industria textil. Tuvo su origen en la India. Los primeros textos escritos datan de 1.500 años A.C. Los árabes propagaron el algodón en los países mediterráneos y fue en España, donde tuvo lugar una pujante industria textil desde el siglo X.

Descripción botánica y fisiológica

El algodón (*Gossypium*) pertenece a la familia de las malváceas. De este género se conocen unas 45 especies que son anuales, bianuales y perennes. Desde el punto de vista de su cultivo para fibra, hay tres tipos de algodón: fibra larga (*Gossypium barbadense*), fibra mediana (*Gossypium hirsutum*) y fibra corta (*Gossypium herbaceum*). En España se cultiva *G. hirsutum*, tipo de algodón al que nos vamos a referir.

Es una planta anual con la raíz principal axonomorfa o pivotante. El tallo principal es erguido, con dos tipos de ramas, las vegetativas y las fructíferas.

Las hojas son pecioladas, de color verde intenso, lobuladas y están provistas de brácteas. Las flores son dialipétalas, con cuatro brácteas y estambres numerosos que envuelven el pistilo. El fruto es una cápsula con tres a cinco carpelos, que tiene 6 a 10 semillas cada uno. Las células epidérmicas de las semillas constituyen la fibra textil.

Exigencias climáticas y edáficas

El algodón es un cultivo típico de las zonas cálidas. La germinación de la semilla se produce cuando se alcanza una temperatura no inferior a los 14 ºC y el terreno tiene humedad suficiente. El rango de temperatura para los procesos metabólicos y bioquímicos del algodón es de 23,5 ºC a 35 ºC, siendo la temperatura óptima de 28 ºC. Es un cultivo exigente en agua, siendo el mes anterior a la floración, el periodo más sensible a la sequía.

Respecto a las exigencias edáficas, requiere suelos profundos y permeables para que las raíces se desarrollen sin dificultad. Es bastante tolerante a la salinidad. Un retraso de la floración y la formación de frutos puede ser debido a la compactación del suelo, exceso de nitrógeno, temperaturas nocturnas bajas, etc.

Vista general de una plantación de algodón

Importancia en España

En la tabla 20.8 se refleja la superficie sembrada de algodón, la producción obtenida y el rendimiento medio conseguido en España durante los últimos años.

Hasta la campaña 2006/07, el 96% de la superficie cultivada de algodón se realizaba en Andalucía y el resto en Murcia. Tras aplicarse la reforma del algodón promovida por la Unión Europea, la superficie de siembra se ha reducido un 30% y el rendimiento medio un 40%.

Tabla 20.8. Superficie, producción y rendimientos de algodón

Año	Superficie total (ha)	Producción bruta (t)	Producción fibra (t)	Rendimiento medio (kg/ha)
2004	90.296	358.406	116.630	3.969
2005	85.816	345.006	115.196	4.020
2006	62.819	139.144	44.707	2.236
2007	63.796	119.700	38.900	1.876
2008	52.606	85.800	27.885	1.631

Fuente: MARM (2008) y Asociación Española de Desmotadores de Algodón (2008)

NECESIDADES NUTRICIONALES

Función de los nutrientes en la planta

Macronutrientes

El **nitrógeno** influye directamente en el desarrollo vegetativo y la producción de semilla, pero tiene poco efecto en la producción de fibra.

El **fósforo** participa en los procesos de transformación de energía, en la fotosíntesis y respiración. Promueve el crecimiento rápido del algodón y se concentra mayormente en la semilla.

El **potasio** interviene en la regulación osmótica de la turgencia. El desarrollo y la maduración de las cápsulas requieren una alta demanda de translocación de potasio en la planta.

Micronutrientes

Los microelementos son generalmente constituyentes de ciertos enzimas que participan en la fotosíntesis, los procesos de oxidación-reducción y el metabolismo de carbohidratos y proteínas. Los más importantes son hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B) y cobre (Cu).

Extracciones del cultivo

Macronutrientes

Observando las extracciones medias de macronutrientes, por cada tonelada de algodón producido (tabla 20.9), el nitrógeno es el nutriente que absorbe en mayor proporción, concentrándose la mitad de la cantidad asimilada en las semillas. El fósforo se concentra en su mayor parte en las semillas y el potasio en las cápsulas.

Micronutrientes

Las extracciones medias de los microelementos en recolección son aproximadamente de 1 kg por cada tonelada de fibra producida, correspondiendo el 60% al hierro, el 27% al manganeso, el 10% al zinc y el resto a los otros microelementos.

Deficiencias nutritivas

Macronutrientes principales

La carencia en **nitrógeno** se caracteriza por hojas pálidas, de color verde amarillento y de tamaño reducido. La floración se reduce y las cápsulas son pequeñas.

La carencia del **fósforo** se manifiesta por el color verde oscuro que toman las hojas con manchas de tonalidad púrpura. El tamaño de las plantas es reducido.

La carencia en **potasio** comienza en las hojas viejas con manchas amarillentas. Cuando la deficiencia es acusada el borde de las hojas se necrosa.

Micronutrientes

Los síntomas de deficiencias en microelementos se presentan generalmente en las hojas nuevas y se caracterizan por clorosis internerviales. Para determinar el nutriente deficiente es necesario realizar un análisis foliar.

Tabla 20.9. Extracciones medias de macronutrientes en recolección (kg/t de fibra de algodón producida)

	N	P_2O_5	K_2O
Semillas	86	30	28
Cápsulas	21	5	50
Hojas	39	9	23
Tallos	19	3	25
TOTAL	**165**	**47**	**126**

Fuente: Mullins y Burmester (1990)

Parcela de algodón antes de la recolección

RECOMENDACIONES DE ABONADO

Teniendo en cuenta que la mayor parte del cultivo del algodón se realiza en el ámbito de la **Producción Integrada** (APA 684/2006-BOE nº 62 de fecha 14-03-06), las recomendaciones de abonado deberán ajustarse a las normas establecidas en la citada Orden, entre las que cabe destacar las siguientes:

- Realizar análisis físico-químico del suelo para determinar las cantidades de fósforo y potasio, base para la determinación del abonado fosfo-potásico.
- Respecto al abonado nitrogenado se determinará la cantidad máxima a aplicar en función de la textura y contenido de materia orgánica.
- Limitar el abono nitrogenado a la cantidad máxima de 280 kg N/ha ó 52 kg N/t de fibra bruta.
- Se prohíbe aportar nitrógeno después del inicio de la maduración y aplicar urea en la última cobertera.
- Se recomienda fraccionar la aplicación de nitrógeno de la siguiente forma: un tercio en abonado de fondo, un tercio en primera cobertera, cuando la planta tenga 4 ó 5 hojas verdes, y un tercio en segunda cobertera con la aparición de los primeros botones florales.
- Se recomienda no superar la aplicación anual de 180 kg N/ha.
- Las aplicaciones de fósforo y potasio se realizarán en fondo.

La Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, en la Orden de 02-03-2006 (BOJA nº 46 de fecha 09-03-2006) establece unas normas de aplicación del régimen de ayudas a la utilización de métodos de producción agraria compatibles con el medio ambiente. En relación con el algodón se establece un plan de fertilización con las siguientes dosis máximas de unidades fertilizantes por hectárea:

118,3 kg N/ha; 96 kg P_2O_5/ha; 96 kg K_2O/ha.

Se estima que el 85% de la superficie sembrada de algodón se encuentra acogida a estas ayudas. Para el resto de superficie (15%), según el reglamento nacional de Producción Integrada y para una producción de 5.000 kg/ha:

Nitrógeno

La recomendación del abonado nitrogenado, como para el resto de los nutrientes, se realizará teniendo en cuenta las extracciones del cultivo, el nivel de fertilidad del suelo, la época de aplicación y el nitrógeno procedente de otras fuentes, como el agua de riego, residuos de cosechas anteriores, etc.

Las dosis de aplicación de nitrógeno recomendadas, en función de la fertilidad del suelo, serán:

Nitrógeno (N): 180 kg/ha

Fósforo y Potasio

En base a los contenidos medios de fósforo y potasio asimilables en el suelo, las recomendaciones anuales de aplicación se sitúan en el siguiente orden:

Fósforo (P_2O_5): 70 kg /ha
Potasio (K_2O): 200 kg/ha

Correcciones de carencias

Cuando el algodón se cultive bajo las normas de Producción Integrada, se tiene la obligación de realizar anualmente un análisis foliar para poder detectar y corregir las carencias que se produzcan. En la tabla 20.10 se exponen los niveles de los nutrientes, en el limbo de las hojas del tallo principal, en la época de floración.

Tabla 20.10. Niveles de nutrientes en el limbo en la época de floración

Elemento	Bajo	Medio	Alto
N (%)	<3,5	4,0-5,0	>6,0
P (%)	<0,24	0,3-0,5	>0,75
K (%)	<1,0	2,0-3,0	>3,5
Ca (%)	<1,5	2,0-3,0	>3,5
Mg (%)	<0,25	0,5-0,9	>1,5
Fe (ppm)	<35	50-250	>350
Mn (ppm)	<30	50-350	>600
Cu (ppm)	<5	8-20	>30
Zn (ppm)	<15	20-60	>75
B (ppm)	<15	20-60	>100

Fuente: Reglamento Producción Integrada BOJA 146 (2006)

Las deficiencias que se presenten se pueden corregir con pulverizaciones foliares simples o múltiples, dependiendo si las carencias corresponden a uno o más nutrientes. Para que se consiga una buena absorción de los nutrientes, las aplicaciones foliares no se deben realizar cuando el algodón sufre estrés hídrico, en las horas de fuerte iluminación y cuando las temperaturas son elevadas. Antes de cualquier aplicación, es conveniente leer y seguir las instrucciones del fabricante.

Parcela de algodón al inicio de la apertura de cápsulas

Bibliografía de la remolacha azucarera

- AIMCRA (Asociación de Investigación para la Mejora del Cultivo de la Remolacha Azucarera), 2008. Fertilización de la remolacha de siembra otoñal. Siembra otoño 2008. Sevilla.99: 14-15.
- AIMCRA (Asociación de Investigación para la Mejora del Cultivo de la Remolacha Azucarera), 2008. La fertilización de la remolacha azucarera de siembra primaveral. Valladolid. 97: 8-9.
- Confederación nacional española de cultivadores de remolacha y caña azucarera, 2008. Datos no publicados. Madrid.
- De Liñán, C., 2008. Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales. Ediciones Agrotécnicas. Madrid.
- Draycott, A.P.; Christenson, D.R., 2003. Nutrients for sugar beet production. Wallingford. CABI Publishing.
- Gordo, L., 2003. La calidad tecnológica de la remolacha azucarera. Valladolid. AIMCRA.
- Guerrero, A., 1984. Cultivos herbáceos extensivos. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa: 225-229.
- Loué, A., 1988. Los microelementos en agricultura. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa: 263-274.
- Morillo-Velarde, R.; Bermejo, J. L.; Ayala, J.; Moreno, A.; Gutiérrez, M.; Márquez, L., 2003. Remolacha azucarera de siembra otoñal. Normas técnicas de cultivo. Sevilla. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca: 36-46.
- Sanz, A., 1999. La fertilización de la remolacha azucarera de siembra primaveral y la interpretación de análisis de suelo. Valladolid. AIMCRA.

Bibliografía del algodón

- Asociación Española de Desmotadores de algodón, 2008. El algodón en España. Madrid. http://www.aeda.es.
- Curso para técnicos de Producción Integrada, 2006. IFAPA "Los Palacios", Sevilla.
- De Liñán, C., 2008. Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales. Ediciones Agrotécnicas. Madrid.
- Guerrero, A., 1984. Cultivos herbáceos extensivos. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa: 317-322.
- Halevy, J.; Bazelet, M., 1992. Fertilización del algodón para rendimientos altos.
- INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo), 2008. Conozca y resuelva los problemas del algodón. Basilea, Suiza. http://www.ppi-ppic.org/cottondoc
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2008. Superficies y producciones de cultivos. Madrid. http://www.mapa.es./estadistica/
- Mullins; Burmester, 1990. Agronomy Journal 82: 729-736.
- Orden APA/684/2006. Norma específica nacional de producción integrada del algodón. BOE nº 62. Madrid.
- Orden 27 noviembre 2002. Reglamento específico de producción integrada del algodón. BOJA nº 146. Sevilla.
- Orden 2 marzo 2006. Régimen de ayudas compatibles con el medio ambiente. BOJA nº 46. Sevilla.

21 ABONADO DE LAS OLEAGINOSAS HERBÁCEAS: GIRASOL, COLZA Y SOJA

Pedro Urbano Terrón
Doctor Ingeniero Agrónomo
Catedrático de Producción Vegetal
Fitotecnia
ETSIA. Universidad Politécnica de Madrid

Las especies herbáceas que se cultivan en España con el objetivo principal de aprovechar los aceites que producen, son por orden de importancia económica: girasol (*Helianthus annuus L.*), colza (*Brassica napus L. ssp. napus*), soja (*Glycine max (L.) Merr.*), lino (*Linum usitatissimum L.*), ricino (*Ricinus communis L.*) y cacahuete (*Arachis hypogaea L.*). En la actualidad, los aceites de girasol, soja y cacahuete se destinan fundamentalmente a uso alimentario, mientras que los de colza, lino y ricino se destinan a uso industrial. Hasta hace unos años, el destino del aceite de colza era alimentario pero ahora se está valorando más su posible utilización en la producción de biocarburantes (biodiesel).

Las superficies cultivadas más importantes corresponden al girasol y a la colza. De estos cultivos y por su representación en España (tabla 21.1), se trata en la presente Guía con especial atención la fertilización del girasol, si bien en dos tablas finales se presentarán programas para la fertilización de la colza y la soja.

ABONADO DEL GIRASOL

CONSIDERACIONES GENERALES

Esta especie pertenece a la familia de las compuestas (*Asteraceae Dum., Compositeae Gaertn.*) y es originaria de América del Norte. Los españoles la introdujeron en Europa como planta ornamental, llegando a Rusia en el siglo XVIII. Es aquí, gracias a la mejora desarrollada en la estación de Krasnodar por el profesor Pustovoit,

Tabla 21.1. Evolución de las superficies de oleaginosas cultivadas en España (000 ha)

Especie	1995	2000	2005	2006	2007	2008 (P)
Girasol	1.111,5	838,9	516,2	622,5	600,9	724,7
Colza	87,6	28,8	3,4	5,5	19,8	11,7
Soja	2,6	3,1	1,1	0,6	0,3	s.d.

(P) Provisional

Fuente: MARM (2008)

donde se obtienen las primeras variedades con elevado contenido en aceite y con determinada resistencia a las principales plagas y enfermedades. Genetistas de otras estaciones de mejora de los principales países productores del mundo han obtenido las actuales variedades de cultivo.

Breve descripción botánica y fisiológica de la planta

Planta anual con sistema radicular pivotante que le permite explorar horizontes profundos del suelo. El tallo puede alcanzar gran desarrollo e, incluso, ramificarse pero en las variedades mejoradas para la obtención de aceite se busca que el desarrollo del tallo no supere en mucho el metro de altura y que no se ramifique. En el extremo del tallo aparece una cabezuela o capítulo en el que se insertan las flores. Los frutos son aquenios con buen contenido en grasa (aceite) en su madurez (generalmente, más del 40% de su peso llegando, en algunas variedades, al 60%).

El aceite es de buena calidad y aunque inicialmente no era muy rico en ácido oleico, la mejora genética ha permitido obtener variedades "alto oleico", aumentando las características saludables de los aceites de girasol destinados a la alimentación humana. Para la producción de biodiesel también se valoran positivamente las variedades "alto oleico".

Exigencias climáticas y edáficas

Planta de gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas. Puede soportar temperaturas bajas, lo que permite en el clima mediterráneo adelantar las siembras a la salida del invierno para aprovechar mejor las condiciones de humedad. Para la floración, cuajado y maduración de los frutos requiere temperaturas elevadas pero esto no suele representar ningún inconveniente en las distintas zonas españolas de cultivo. En lo que se refiere al régimen de humedad, el cultivo puede desarrollarse con buenos rendimientos incluso en condiciones de secano, siempre que las precipitaciones anuales superen los 400 mm y no se hayan concentrado excesivamente en invierno.

También tiene gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones de suelo, pudiendo prosperar, incluso, en suelos superficiales, pobres, ligeramente ácidos o salitrosos pero, lógicamente, los mejores rendimientos se obtienen en suelos profundos y fértiles, próximos a la neutralidad o ligeramente básicos.

Importancia en España

Si nos fijamos en la evolución de las superficies de cultivo (tabla 21.1), puede observarse que en los últimos años hemos asistido a un descenso importante de estas superficies. Históricamente, en el año 1993 se registró en España la mayor superficie cultivada (2.140.900 ha), pero ahora se ha estabilizado en algo más de 600.000 ha. En la tabla 21.2 se indica la distribución regional de las superficies de cultivo, secano y regadío, en el último año.

La producción nacional en 2007, fue de 733.164 t de pipas, con unos rendimientos medios de 1.138 kg/ha en secano y de 2.060 kg/ha

Tabla 21.2. Superficie de girasol por CC.AA.(ha). Año 2007

	Secano	Regadío	Total
Andalucía	186.672	26.642	213.314
Castilla-La Mancha	168.755	6.289	175.044
Castilla y León	166.222	14.717	180.939
Resto CC. AA.	25.826	5.743	31.569
ESPAÑA	**547.475**	**53.391**	**600.866**

Fuente: MARM (2008)

Acertada densidad de siembra y adecuados trabajos culturales proporcionan un cultivo uniforme con elevado rendimiento

en regadío, cantidades ligeramente superiores a la media de los últimos años.

NECESIDADES NUTRICIONALES

Papel de los nutrientes y micronutrientes

Conseguir un buen desarrollo del cultivo y una producción abundante de pipas con elevado contenido de aceite, a su vez de buena calidad, no es posible sin una buena alimentación mineral de la planta.

En el caso del girasol se puede destacar:

El **nitrógeno** es necesario para un buen desarrollo vegetativo de la planta y es indispensable para la formación de las cabezuelas y el llenado de los aquenios. Sin embargo, el exceso de nitrógeno provoca un desarrollo excesivo de la vegetación (menor índice de cosecha) y retraso de la maduración.

El **fósforo** favorece el cuajado de los frutos y estimula su maduración.

El **potasio**, en equilibrio con el nitrógeno y el fósforo, favorece la actividad fotosintética influyendo notablemente en el rendimiento y en el contenido de grasa.

El **azufre** es un elemento esencial para la formación de la coenzima A, básica para la formación de los triterpenos, ergosterol, lanosterol, cimosterol, etc. Por esta razón, las plantas oleaginosas, medicinales, aromáticas, resinosas, laticíferas, etc., responden particularmente bien a la presencia de azufre asimilable en el suelo (Urbano, 2002).

Entre los **microelementos**, el girasol es un cultivo exigente en boro, del que absorbe más de 400 g/ha (CETIOM, 2008a). Este elemento interviene en la biosíntesis de la lignina y de las sustancias pécticas.

Necesidades y absorción de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo

Las cantidades absorbidas por el cultivo dependen de la presencia y dinámica de los nutrientes, en forma asimilable, en el suelo y del rendimiento de las cosechas. En el girasol, el producto comercial corresponde a pipas con el 9% de humedad (9°), 2% de impurezas y 44% de grasa. Las necesidades de nutrientes para formar las cosechas, incluidas los restantes órganos de la planta en suelos de fertilidad media (Urbano, 2006), son del siguiente orden expresadas en kg de nutriente por 1.000 kg de pipa comercial:

30-40 kg N; 15-20 kg P_2O_5; 30-40 kg K_2O

Debido a la actuación de los restantes factores edafoclimáticos, no es posible establecer una relación unívoca entre absorción de los nutrientes y cosecha obtenida. Por esta razón, con las cifras anteriores se propone una horquilla para utilizar la cifra menor (mayor eficiencia de los nutrientes) en suelos fértiles y años de climatología favorable y la cifra mayor (peor eficiencia del nutriente), en suelos mediocres y

difíciles condiciones climáticas. Entre ellas, se pueden interpolar condiciones intermedias.

Deficiencias nutritivas

Aparte de las generales comunes para todos los macronutrientes, quizás las deficiencias nutritivas más significativas para el girasol son las que se producen por falta de **boro**. La carencia de este elemento produce deformaciones y presencia de manchas pardo rojizas en las hojas que llegan a necrosarse y aparición de grietas en los tallos que provocan, en casos severos, la caída de las cabezuelas. En casos menos severos, pueden producirse fallos en el cuajado de los frutos que rellenan irregularmente las cabezuelas con descensos importantes de los rendimientos.

RECOMENDACIONES DE ABONADO

Aunque en España, el girasol se fertiliza muy poco e, incluso, en muchos secanos no recibe ninguna fertilización, confiando en que su profundo sistema radicular capture buena parte del nitrógeno residual de los fertilizantes aportados a cultivos anteriores (generalmente cereal), es una planta que agradece el aporte de fertilizantes, respondiendo con buenos incrementos de cosecha, siempre que la humedad del suelo no actúe como factor limitante del rendimiento.

Cálculo de la dosis

Para el cálculo de la dosis deberá tenerse en cuenta el balance de cada uno de los nutrientes (entradas y salidas), expuesto reiteradamente en esta Guía.

La diferencia entre las salidas y las entradas de nutrientes debe compensarse con los fertilizantes. Si se utilizan fertilizantes orgánicos en la rotación, habrá que restar el contenido de nutrientes que estos lleven, teniendo en cuenta el tiempo necesario para la mineralización del nitrógeno del fertilizante orgánico.

Es frecuente, en agricultura de conservación y en agricultura integrada, recomendar dosis de abonado mediante formulaciones simplificadas que tienen en cuenta las partidas más importantes del balance (generalmente las exportaciones netas de la cosecha) y los aportes con los fertilizantes (minerales y orgánicos). Se trata de formulaciones aproximadas que se recomienda ajustar durante el desarrollo del cultivo, de acuerdo con la marcha de la climatología y su repercusión sobre la actividad biológica del suelo.

Épocas y momentos de aplicación

Para mejorar su eficiencia y reducir riesgos medioambientales, no conviene aplicar todo el nitrógeno en una sola vez, por lo que es recomendable, con fertilizantes convencionales, aportar en presiembra una cantidad que suele variar entre el 30% y el 50% del nitrógeno necesario, e incorporar el resto en cobertera. En cambio, puede aportarse todo el fósforo y el potasio en presiembra, con lo que, si se actúa así, las coberteras se harían sólo con nitrógeno.

La dosis de presiembra puede aplicarse en el momento de la siembra si se utiliza una máquina sembradora-abonadora o una sembradora para siembra directa que también aporte el abono.

Las coberteras pueden reducirse a una sola aplicación en los casos de bajos rendimientos o hacer dos aplicaciones para rendimientos más elevados. En estas situaciones, no conviene hacer aportes tardíos en cobertera para no retrasar la maduración de los aquenios. La primera cobertera se realizará en el estado de cinco pares de hojas (estado B10) y la segunda, en el caso en que se haga este segundo aporte, al inicio de la floración (estado F1: el botón flo-

ral se inclina y las flores liguladas son perpendiculares a la masa central del capítulo (CETIOM, 2008)).

Forma en que se aportan los elementos nutritivos (mineral/orgánica)

Si se aportan fertilizantes orgánicos (estiércoles, purines, RSU, lodos de depuradora, etc.) en algún momento de la rotación de cultivos, se restarán de las necesidades señaladas en la tabla 21.3, los nutrientes que presumiblemente vayan a liberarse en el suelo durante los meses de cultivo del girasol, para lo que será necesario conocer la composición del fertilizante orgánico y el tiempo previsto para su mineralización.

Si no se utilizan fertilizantes orgánicos, se aportarán las necesidades establecidas en la tabla 21.3 mediante fertilizantes minerales, simples o compuestos. En el caso del girasol, puede ser una buena norma aplicar en presiembra un complejo NPK, de equilibrio acorde con las necesidades, y con boro en caso de carencia de este elemento, y en cobertera un fertilizante nitrogenado simple. Para este último, puede recomendarse urea, para uso general, nitrosulfato amónico para suelos calizos, salitrosos o deficientes en azufre, y en el caso de suelos neutros o ácidos, nitrato amónico cálcico.

Programas de fertilización

De acuerdo con las consideraciones anteriores, se proponen en la tabla 21.3, a modo orientativo, diferentes programas de abonado mineral:

ABONADO DE LA COLZA

Como se observa en la tabla 21.1, la superficie de este cultivo en España ha ido descendiendo drásticamente hasta ocupar poco más de 5.000 ha en el año 2006 y, aunque hubo un

Tabla 21.3. Programas de fertilización del girasol para diferentes producciones (P) y clases de suelos

CULTIVO: GIRASOL	PRESIEMBRA	COBERTERA*
Regadío P>3.000 kg/ha		
- suelo fertilidad media	300 kg/ha NPK 9-18-27	En los tres casos: 150 kg/ha NAC 27 + 100 kg/ha NAC 27
- suelo pobre en fósforo	350 kg/ha NPK 8-24-24	
- suelo pobre en potasio	350 kg/ha NPK 8-10-30	
Regadío 2.000<P≤3.000 kg/ha		
- suelo fertilidad media	200 kg/ha NPK 9-18-27	En los tres casos: 200 kg/ha NAC 27
- suelo pobre en fósforo	250 kg/ha NPK 8-24-24	
- suelo pobre en potasio	250 kg/ha NPK 8-10-30	
Secano 1.000<P≤2.000 kg/ha		
- suelo fertilidad media	150 kg/ha NPK 9-18-27	En los tres casos: 150 kg/ha NAC 27
- suelo pobre en fósforo	150 kg/ha NPK 8-24-24	
- suelo pobre en potasio	150 kg/ha NPK 8-10-30	
Secano P≤1.000 kg/ha		
- suelo fertilidad media	100 kg/ha NPK 9-18-27	En los tres casos: 100 kg/ha NAC 27
- suelo pobre en fósforo	100 kg/ha NPK 8-24-24	
- suelo pobre en potasio	100 kg/ha NPK 8-10-30	

* En suelos básicos o salinos, sustituir el NAC 27 por nitrosulfato amónico 26. En caso de utilizar urea 46, dividir las cantidades de NAC 27 por 1,7.

Detalle de inflorescencia de colza.

repunte importante en el año 2007 por su utilización para la producción de biodiesel, de nuevo en el año 2008 ha habido una notable disminución de la superficie cultivada. Refiriéndonos al año 2007, el 73,7% se cultivó en secano y el 26,3%, en regadío. En relación con la superficie nacional cultivada en secano, destaca el cultivo en Castilla y León (28,9%), Cataluña (24,9%), Andalucía (16,2%), Castilla-La Mancha (13,7%) y Aragón (10,6%). Los rendimientos del secano en el año 2007 fueron de 1.498 kg/ha (medio) y 2.480 kg/ha (máximo), mientras que los del regadío alcanzaron los 2.482 kg/ha (medio) y 4.600 kg/ha (máximo).

Las necesidades de nutrientes para formar las cosechas, incluidos los restantes órganos de la planta en suelos de fertilidad media (Urbano, 2006) son del siguiente orden, expresadas en kg de nutriente por 1.000 kg de grano comercial:

40-50 kg N; 25-30 kg P_2O_5; 35-40 kg K_2O

PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN

Se proponen en la tabla 21.4, a modo orientativo, diferentes programas de abonado mineral, teniendo en cuenta que por su siembra otoñal, se está recomendando hacer las presiembras con poco nitrógeno.

Tabla 21.4. Programas de fertilización de la colza para diferentes producciones (P) y clases de suelos

RENDIMIENTO	PRESIEMBRA	COBERTERA*
Regadío P>3.000 kg/ha Suelos de fertilidad media	400 kg/ha NPK 9-18-27	200 kg/ha nitrosulfato amónico 26 + 150 kg/ha nitrosulfato amónico 26
Regadío y secano **2.000<P≤3.000 kg/ha** Suelos fertilidad media	300 kg/ha NPK 9-18-27	200 kg/ha nitrosulfato amónico 26
Secano 1.000<P≤2.000 kg/ha Suelos de fertilidad media	200 kg/ha NPK 9-18-27	150 kg/ha nitrosulfato amónico 26

* En suelos ácidos, puede sustituirse el nitrosulfato amónico 26 por NAC 27. En caso de utilizar urea 46, dividir las cantidades de nitrosulfato amónico 26 por 1,7.

ABONADO DE LA SOJA

La superficie de este cultivo en España (tabla 21.1) ha sido siempre muy pequeña. Refiriéndonos al año 2007, no llegó a 350 ha, cultivándose el 95,3% en regadío y solamente el 4,7%, en secano. El cultivo en regadío se desarrolló principalmente en Extremadura (60,8%), Andalucía (17,5%), y Castilla y León (15%). Los rendimientos del regadío en el año 2007 fueron 2.738 kg/ha (medio) y 3.500 kg/ha (máximo). Los del secano fueron 1.400 kg/ha (medio) y 1.500 kg/ha (máximo).

Las necesidades de nutrientes para formar las cosechas, incluidos los restantes órganos de la planta en suelos de fertilidad media (Urbano, 2006), son del siguiente orden, expresadas en kg de nutriente por 1.000 kg de grano comercial:

60-70 kg N; 16-20 kg P_2O_5; 30-40 kg K_2O

Es necesario tener cuidado con los aportes de nitrógeno para favorecer la nitrofijación simbiótica con *Rhizobium japonicum*. Para ello, se aportará una pequeña cantidad de nitrógeno en presiembra y solamente si se observa falta de nódulos en las raíces, se ayudará con nitrógeno en cobertera.

PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN

Se proponen en la tabla 21.5, a modo orientativo, diferentes programas de abonado mineral.

Tabla 21.5. Programas de fertilización de la soja para diferentes producciones (P) y clases de suelos

CULTIVO: SOJA	PRESIEMBRA(1)	COBERTERA(2)
Regadío P>3.000 kg/ha Suelos de fertilidad media	100 kg/ha sulfato amónico 21 + 200 kg/ha superfosfato triple 46 + 200 kg/ha sulfato potásico 50	Sólo en caso necesario aportar 200 kg/ha NAC 27
Regadío y secano 2.000 <P≤3.000 kg/ha Suelos de fertilidad media	100 kg/ha sulfato amónico 21 + 150 kg/ha superfosfato triple 46 + 150 kg/ha sulfato potásico 50	Sólo en caso necesario aportar 150 kg/ha NAC 27
Secano 1.000<P≤2.000 kg/ha Suelos de fertilidad media	50 kg/ha sulfato amónico 21 + 100 kg/ha superfosfato triple 46 + 100 kg/ha sulfato potásico 50	Sólo en caso necesario aportar 100 kg/ha NAC 27

(1) En suelos pobres o muy pobres en fósforo o potasio, aumentar la cantidad de abono en un 30% ó 50%, respectivamente.
(2) En suelos básicos o salinos, sustituir el NAC 27 por nitrosulfato amónico 26. En caso de utilizar urea 46, dividir las cantidades de NAC 27 por 1,7.

Bibliografía

- CETIOM (Centre Technique Interprofesional des Oleagineux Metropolitains), 2008. Tournesol. Fertilisation. www.cetiom.fr/indexphp?id=10004
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2008a. Anuario de Estadística Agroalimentaria y Pesquera 2007. www.mapa.es/estadística/pags/anuario/2007/capítulos/AEA-C09.pdf
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2008b. Avances de Superficies y Producciones de Cultivos. Julio 2008. www.mapa.es/estadística/pags/superficies/pdf/avances_cultivos_2008_07.pdf
- Urbano, P., 2002. Tratado de Fitotecnia General. 2ª ed. 2ª Reimp. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. ISBN: 84-7114-386-0.
- Urbano, P., 2006. Fitotecnia. Ingeniería de la Producción Vegetal. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. ISBN: 84-8476-037-5.

22 ABONADO DE LOS CULTIVOS FORRAJEROS

Juan Piñeiro Andión
Ingeniero Agrónomo
Juan Castro Insua
Ingeniero Agrónomo
Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo

Ricardo Blázquez Rodríguez
Doctor Ingeniero Agrónomo
Laboratorio Agrario y Fitopatológico
A Coruña

CONSIDERACIONES GENERALES

A pesar de que los fertilizantes y encalantes son hoy de uso común en todas las explotaciones agrícolas y ganaderas, y que muchos agricultores y ganaderos han recibido información abundante a través de numerosos cursos de divulgación técnica realizados en los últimos cincuenta años, se echa en falta una recomendación de abonado y encalado cuantificada en función de los análisis de suelo y de la gestión de la fertilidad dentro de la explotación, que tiene especial complejidad en las explotaciones ganaderas, porque reciben nutrientes a través del pienso y forraje adquiridos fuera de la explotación.

El objetivo principal de este trabajo es establecer una recomendación de abonado en función de los análisis de suelo disponibles y de las extracciones de nutrientes estimadas, que deberán corregirse en el caso de que las producciones reales sean distintas. En este sistema, el análisis de suelo cada 4-5 años se convierte en una herramienta fundamental para modificar las dosis recomendadas, si fuese necesario.

CRITERIOS PARA EL MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN

Salvo los casos particulares de cultivos como la alfalfa y el maíz forrajero, que en muchos casos se cultivan en explotaciones agrícolas para su venta a explotaciones ganaderas, los cultivos forrajeros anuales, los prados y las praderas se ubican en explotaciones ganaderas para atender las necesidades en forrajes de su ganado, que lo aprovecha en pastoreo o en estabulación, después de su siega.

Caso de explotaciones ganaderas

La fertilización debe tener en cuenta el sistema completo de producción, idea que se ha ido asumiendo en España desde el sector investiga-

TERMINOLOGÍA

Para situar el marco de los cultivos forrajeros y pratenses en España, se hace una pequeña reflexión sobre la terminología vigente en este momento, que adolece todavía de una cierta consistencia, a pesar de los esfuerzos que se están haciendo desde distintas instancias.

PRADO

Según el Nomenclátor de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP) (Ferrer et al., 2001) un prado es una "Comunidad vegetal-herbácea-espontánea densa y húmeda, siempre verde, aunque puede haber cierto agostamiento en verano, producida por el hombre o la acción del pastoreo. Se puede aprovechar por siega o pastoreo indistintamente. La humedad puede provenir del riego". El Nomenclátor recomienda no utilizar el término "prado natural" porque los prados son, por definición, naturales y, por ello, el término "prado natural" sería redundante. La diferencia principal con una pradera es que las tierras a prado están permanentemente cubiertas de hierba y nunca se renueva su flora por laboreo completo del suelo.

En el Anuario de Estadística del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (AEMARM) de 2008, sigue utilizándose el término "prado natural".

PRADERA

Según el Nomenclátor una pradera es un "Cultivo polifito constituido fundamentalmente por gramíneas y leguminosas, que puede ser aprovechado por siega o pastoreo de forma indistinta". El Nomenclátor recomienda no utilizar el término "pradera polifita" porque se ha definido la pradera como un cultivo polifito y sería redundante. Las praderas forman parte de una rotación con otros cultivos, normalmente anuales, como maíz, trigo, centeno, avena o nabos. Es, por lo tanto, un pasto sembrado por el hombre para el que elige especies pratenses de valor forrajero reconocido, como raigrás italiano, raigrás inglés, raigrás híbrido, dactilo, festuca alta, trébol violeta, trébol blanco y alfalfa, entre otras.

En el AEMARM se sigue utilizando el término "pradera polifita", que está ubicado dentro del apartado de cultivos forrajeros, con el maíz forrajero, la alfalfa, los cereales de invierno para forraje y la veza forrajera, porque forma parte de una rotación de cultivos, lo que le distingue de los prados.

CULTIVOS FORRAJEROS MONOFITOS

El Nomenclátor incluye en este apartado todos los cultivos distintos de la pradera, que a su vez clasifica en:

- Cultivos forrajeros monofitos plurianuales, como alfalfa, esparceta, zulla, tréboles vivaces, raigrás inglés, etc.
- Cultivos forrajeros monofitos anuales, como cereales de invierno forrajeros, maíz forrajero, sorgo forrajero, veza, raigrás italiano alternativo, etc. Como excepción, se incluye en este concepto la mezcla clásica "cereal-veza", o la más moderna "cereal-guisante forrajero" porque los cereales, la veza y el guisante forrajero no están considerados plantas pratenses al no rebrotar después de su aprovechamiento.

dor después de haber sido señalado por Mombiela (1986). Esta idea empezó a ponerse en práctica en el País Vasco en 1991 (Sinclair et al., 1991), y en Galicia en 1995 (Castro y Mateo, 1997).

Son sistemas en los que hay entradas de nutrientes a través de los abonos minerales adquiridos en el mercado y de los alimentos comprados fuera de la explotación, que se incorporan al sistema a través de las deyecciones de los animales en forma de estiércoles o purines. En estas explotaciones, el reciclado de los nutrientes contenidos en el purín sería suficiente para satisfacer las necesidades de abonado fosfatado y potásico de los cultivos forrajeros, a partir de una carga ganadera superior a 2,5 vacas/ha y producción de leche por encima de 7.000 l/vaca/año, y de abono

Ganado de carne en pastoreo de otoño

nitrogenado a partir de una carga ganadera superior a 3 vacas/ha. Curiosamente, el valor del reciclado de nutrientes se ignoró bastante en los últimos años. Como consecuencia, numerosas explotaciones de vacuno de leche tienen en este momento un exceso de nitrógeno y de fósforo en su ciclo de nutrientes, con el consiguiente riesgo de contaminación medioambiental.

Caso de explotaciones agrícolas

El manejo de la fertilización fosfatada y potásica deberá tener básicamente en cuenta los análisis de suelo y las extracciones de las cosechas, que serán la referencia para establecer las dosis de abonado, mientras que la dosis de abonado nitrogenado se debe establecer en función de las extracciones y del nitrógeno disponible en el suelo, que es, a su vez, función de la mineralización de la materia orgánica y del tipo de cultivos precedentes.

Caso de puesta en cultivo de tierras de matorral

Las tierras ocupadas por matorral vienen siendo objeto de transformación en pastos desde hace más de 40 años, por laboreo completo en varias zonas de la España Húmeda. Muchas de estas tierras suelen ser muy pobres en fósforo, escasas en potasio y muy ácidas, con gran contenido de aluminio en el complejo de cambio. Los encalados y abonados iniciales deben ser generosos (Piñeiro et al., 1977).

ELEMENTOS FERTILIZANTES

Nitrógeno

El nitrógeno es imprescindible para el desarrollo de todas las plantas forrajeras y pratenses, con excepción de las leguminosas, que son capaces de utilizar el nitrógeno del aire a través de su asociación simbiótica con los rizobios. Se distinguirán:

1) Praderas de solo gramíneas y especies anuales no leguminosas.
2) Leguminosas forrajeras anuales y plurianuales.
3) Prados y praderas.

1) Praderas de sólo gramíneas y especies anuales no leguminosas (cereales de invierno, en cultivo monofito, y maíz forrajero). El objetivo del abonado nitrogenado es atender las extracciones estimadas, teniendo en cuenta los posibles aportes al suelo del cultivo anterior.

Pradera rica en leguminosas

Mezcla triticale-guisante

2) Especies leguminosas anuales asociadas a cereal (veza, guisantes forrajeros y haboncillos) y plurianuales (alfalfa). No recibirán abono nitrogenado, salvo una pequeña dosis en siembra en suelos pobres en nitrógeno.

3) Prados y praderas. Los prados y praderas suelen tener una componente leguminosa, principalmente tréboles, con capacidad para fijar nitrógeno del aire, lo que deberá tenerse en cuenta. El trébol jugó un importante papel en las praderas hasta la mitad del siglo XX. Como consecuencia de la comercialización de abonos nitrogenados inorgánicos en Europa, aparecieron en el mundo dos tendencias diferenciadas en cuanto al abonado nitrogenado:

- Aplicación de dosis muy elevadas, de hasta 400 kg N/ha, con el objetivo de maximizar las producciones con base en el crecimiento de la componente gramínea, que responde muy bien al nitrógeno. Esta tendencia, que significó la desaparición del trébol en muchas praderas, se consolidó, principalmente, en el oeste y centro de Europa.
- Seguir confiando en el trébol como fuente de nitrógeno para el sistema de producción, que se mantuvo y desarrolló con éxito sobre todo en Nueva Zelanda, como base principal de un sistema de producción a bajo coste para poder competir en el mercado mundial. Europa empezó a revisar su tendencia hacia finales del siglo XX porque aparecieron altos contenidos de nitratos en las aguas, con el consiguiente riesgo para la salud humana y el equilibrio medioambiental.

Fósforo y potasio

La dosis de abonado fosfatado y potásico depende de la riqueza en el suelo de estos nutrientes. El primer objetivo es alcanzar un determinado nivel de fertilidad, estimado como adecuado, y el segundo conseguir que se mantenga permanentemente este nivel. En el primer caso, las dosis de abono serán superiores a las extracciones, de modo que se consiga subir paulatinamente la riqueza del suelo hasta conseguir el nivel adecuado, mientras que en el segundo se aportarán dosis que compensen aproximadamente las extracciones del sistema de producción. Algunas leguminosas forrajeras como la alfalfa, aprovechada en régimen de siega, extraen importantes cantidades de potasio a lo largo de los años de producción, y ello hace que, al levantar el cultivo, algunos suelos puedan mostrar deficiencias en este elemento.

Los análisis de suelo, con una frecuencia recomendable de 4-5 años, indicarán si las dosis de abonado recomendadas son correctas o si, por el contrario, necesitan ser ajustadas. En la actualidad, la riqueza en fósforo de bastantes explotaciones de leche de vacuno es excesiva. En este caso, no deben aplicarse abonos fosfatados para evitar la contaminación de las aguas.

CORRECCIÓN DE LA ACIDEZ DEL SUELO

El aluminio del complejo de cambio del suelo es el principal causante del escaso crecimiento de las plantas en suelos ácidos. Por esta ra-

zón, el porcentaje de aluminio presente en el complejo de cambio se viene utilizando, desde la década de los ochenta del siglo XX, como un buen indicador de la acidez en España (Mombiela y Mateo, 1984). En la tabla 22.1 se recogen las dosis de encalante recomendadas para corregir la acidez. En caso de utilizar materiales muy activos, como es el óxido o hidróxido de calcio, se recomienda repartir en dos veces las cantidades superiores a 2.000 kg/ha.

Tabla 22.1. Acidez y dosis recomendadas de encalante para corregirla, en función del aluminio presente en el complejo de cambio del suelo

Nivel	% Aluminio*	CaO (kg/ha)
Muy ácido	≥60	2.500
Ácido	41-60	2.000
Medio	21-40	1.500
Poco ácido	0-20	1.000
Óptimo	0	0

* % de Aluminio (Al^{+++} en el complejo de cambio)

RECOMENDACIONES DE ABONADO NITROGENADO

Alfalfa

Se podrán aplicar 30 kg N/ha en siembra para favorecer el establecimiento en la fase previa a la nodulación. Una vez establecido el alfalfar, si funciona correctamente la nitrofijación, la alfalfa no necesitará la aplicación de abonos nitrogenados.

Praderas

La recomendación se realiza para una producción anual estimada de 10 t/ha de materia seca. La cantidad de nitrógeno aplicado influye de forma decisiva en el equilibrio gramínea-leguminosa (González, 1982). Dosis altas de nitrógeno, asociadas normalmente a aprovechamientos para ensilar, favorecen el crecimiento de la gramínea, de modo que la presencia de leguminosas puede llegar a ser insignificante. Dependiendo de la orientación productiva de la explotación, el nitrógeno aplicado puede ir desde cero, en las praderas en que se confía a las leguminosas la entrada de nitrógeno en la explotación, hasta 400 kg N/ha, en aquellas en las que la producción se basa exclusivamente en las gramíneas.

Abonado de establecimiento. Las siembras suelen establecerse en el mes de septiembre, época en la que se recomienda aplicar del orden de 40 kg N/ha, con excepción de las praderas ecológicas, que no recibirán nitrógeno procedente de abonos químicos inorgánicos.

Abonado anual de mantenimiento.

- Praderas ecológicas. No recibirán nitrógeno procedente de abonos químicos inorgánicos en ningún momento.
- Praderas con presencia importante de leguminosas. Las leguminosas no expresan su potencial hasta bien entrada la primavera. Por eso, se suele abonar con unos 30-40 kg N/ha a la salida del invierno, un mes antes de que el ganado salga al pastoreo. En el resto del año se confía una buena parte de la producción a la leguminosa. Puede haber una segunda aportación de 30-40 kg N/ha después del primer pastoreo.

Ganado de leche

- Praderas con muy pocas leguminosas. En este caso se confía la producción a las gramíneas, que necesitan de altos aportes de nitrógeno. Se recomienda aplicar 60-70 kg N/ha a la salida del invierno, un mes antes de la salida del ganado al pasto, y 60-70 kg N/ha después de cada pastoreo hasta mediados de junio, época en que suele empezar a disminuir el crecimiento a causa de la sequía en la España Húmeda. Se completará con otro aporte de 60-70 kg N/ha a principios de septiembre para el crecimiento de otoño. En las fincas con regadío el abonado puede seguir en el verano.
- Praderas para ensilar. Se aplicarán 80-90 kg N/ha a la salida del invierno, mes y medio antes del corte, y otros 80-90 una semana después del primer corte, en el caso que se hagan dos cortes para ensilar. Si hubiese un despunte de la hierba por siega o pastoreo al inicio de la primavera, el primer nitrógeno se aplicará después del despunte.

Maíz y sorgo forrajeros

Para una producción estimada de 15 t/ha de materia seca de maíz, se aplicarán 190 kg N/ha en siembra. Si la explotación tiene aperos adecuados, esta cantidad puede repartirse en dos mitades, una en siembra, y otra en cobertera. Para una producción de sorgo forrajero estimada en 5 t/ha de materia seca, se aplicarán 95 kg N/ha en siembra. En el caso de que se utilicen variedades con capacidad de rebrote y la climatología lo permita, se recomienda aplicar 60 kg N/ha después del primer corte. En el caso de que el cultivo anterior haya sido una pradera rica en leguminosas o una mezcla de veza o guisantes con cereal, puede reducirse la fertilización en 40-50 kg N/ha.

En zonas con mayores rendimientos, las dosis de fertilizantes aumentarán proporcionalmente a las producciones obtenidas.

Cereales de invierno y raigrás italiano

Para una producción estimada de 5 t/ha de materia seca se aplicarán 100 kg N/ha, 30 en siembra y 70 a la salida del invierno. En el caso de que el cultivo anterior sea una pradera rica en leguminosas o una mezcla de veza o guisantes con cereal, puede eliminarse los 30 kg/ha de la siembra.

Ganado joven de carne

Mezclas de cereal de invierno con veza o guisantes forrajeros

No recibirán abono nitrogenado. En suelos pobres en nitrógeno aplicar 40 kg N/ha en siembra.

RECOMENDACIONES DE ABONADO FOSFATADO Y POTÁSICO

Para conocer las cantidades de fósforo y potasio asimilable en el suelo, es necesario disponer de un análisis realizado por un laboratorio especializado, de acuerdo con los métodos oficiales de análisis. En las tablas 10.1 y 11.1 se indican los niveles de fertilidad de los suelos según los contenidos de fósforo y potasio. De acuerdo con ello, en las tablas 22.2, 22.3, 22.4, y 22.5 se indican unas recomendaciones medias para los distintos tipos de praderas y cultivos forrajeros. Por encima de 70 ppm de P en el suelo no deben aplicarse abonos fosfatados para evitar la contaminación de las aguas. Tampoco deben utilizarse abonos potásicos en suelos con contenido superior a 500 ppm de K.

En las explotaciones de leche se hacen normalmente dos cortes para siega en la primavera y, en algunas, un corte en el otoño para silo o alimentación en verde.

Las dosis superiores a 100 kg K_2O/ha deben repartirse en dos o tres veces. Una dosis muy alta a la salida del invierno hace que la concentración del potasio de las gramíneas sea muy alta, dando lugar a lo que se denomina "consumo de lujo", sin repercusión en el nivel de producción. Como consecuencia puede haber escasez de potasio en el suelo en los cortes siguientes, lo que afecta negativamente al desarrollo de los tréboles, que compiten muy mal con la gramínea en una situación de escasez de potasio.

Tabla 22.2. Prados, praderas y alfalfa. Abonado fosfatado, establecimiento y mantenimiento (kg P_2O_5/ha)
(Según nivel de fertilidad y modo de aprovechamiento, para una producción estimada de 10 t/ha/año de materia seca. Se estima una extracción por las cosechas de 80 kg P_2O_5/ha)

Contenido de fósforo en el suelo	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Establecimiento*	140	130	120	100	80
Mantenimiento					
En pastoreo	80	70	60	50	40
En siega	140	130	120	100	80

*Obviamente, en los prados no hay abonado de establecimiento.

Tabla 22.3. Prados, praderas y alfalfa. Abonado potásico, establecimiento y mantenimiento (kg K_2O/ha)
(Según nivel de fertilidad y modo de aprovechamiento, para una producción estimada de 10 t/ha/año de materia seca. Se estima una extracción por las cosechas de 250 kg K_2O/ha)

Contenido de potasio en el suelo	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Establecimiento(1)	300	225	150	100	50
Mantenimiento					
En pastoreo(2,3)	120	60	30	0	0
En siega	300	225	150	100	50

(1) Obviamente, en los prados no hay abonado de establecimiento.
(2) En sistemas de pastoreo se reducen mucho las dosis porque hay un importante retorno del potasio a través de los animales pastantes. Se recomienda dividir las dosis de 60 y 120 en dos y tres pastoreos, respectivamente.
(3) No debe aplicarse potasio antes del primer pastoreo de primavera, con objeto de evitar los riesgos de hipomagnesemia (enfermedad de los rumiantes por desequilibrio entre K, Ca y Mg).

Tabla 22.4. Cultivos forrajeros anuales. Abonado fosfatado (kg P_2O_5/ha)
(Para una producción estimada de 15 t/ha de materia seca de maíz y de 5 t/ha de los otros forrajes. Se estima una extracción de 90 y 35 kg P_2O_5/ha por el maíz y por los otros forrajes, respectivamente)

Contenido de fósforo en el suelo	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Cultivos de verano					
Maíz forrajero	150	135	120	105	90
Sorgo forrajero	135	110	85	60	35
Cultivos de invierno					
Avena, triticale,centeno, raigrás italiano y cereal con veza o guisante	135	110	85	60	35

Tabla 22.5. Cultivos forrajeros anuales. Abonado potásico (kg K_2O/ha)
(Para una producción estimada de 15 t/ha de materia seca de maíz, de 5 t/ha de sorgo y de 5 t/ha de los otros forrajes. Se estima una extracción de 220, 110 y 130 kg K_2O /ha por el maíz, el sorgo y otros forrajes, respectivamente)

Contenido de potasio en el suelo	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Cultivos de verano					
Maíz forrajero	300	260	220	120	60
Sorgo forrajero	190	150	110	60	30
Cultivos de invierno					
Avena, triticale,centeno, raigrás italiano y cereal con veza o guisante	210	170	130	80	40

Bibliografía

- Castro, J.; Mateo, E., 1997. Evolución del P en el suelo en praderas fertilizadas mediante un modelo basado en el ciclo de nutrientes. Actas de la XXXVII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP), 317-323.
- Ferrer, C.; San Miguel, A.; Olea, L., 2001. Nomenclátor básico de pastos en España. Pastos, XXXI(1), 7-44.
- González, A., 1982. Respuesta de la pradera mixta a la aplicación de nitrógeno. Fijación de nitrógeno. Pastos, XXI(1), 107-117.
- MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food), 2000. Fertiliser recommendations for agricultural and horticultural crops. The Stationary Office. MAFF. Londres (UK).
- Mombiela, F., 1986. Importancia del abonado en la producción de los pastos de la zona húmeda española. Actas de la XXVI Reunión científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Ponencias y comunicaciones, I, 213-242.
- Mombiela, F.; Mateo, M.E., 1984. Necesidades de cal para praderas en terrenos 'a monte'. Anales INIA, Serie Agrícola, 25, 129-143.
- Piñeiro, J.; González, E.; Pérez, M., 1977. Acción del fósforo, potasio y cal en el establecimiento de praderas en terrenos procedentes de monte. III Seminario INIA/SEA sobre pastos, forrajes y producción animal, 53-82. CRIDA 01. A Coruña.
- Sinclair, A.G.; Rodríguez, M.; Oyanarte, M., 1991. Fertilización de mantenimiento en base al ciclo de nutrientes para las praderas permanentes. Informe Técnico nº 41. Publicaciones del Departamento de Agricultura. Gobierno Vasco. Vitoria.

23 ABONADO DE LOS CULTIVOS HORTÍCOLAS

Carlos Ramos Mompó
Doctor Ingeniero Agrónomo
Fernando Pomares García
Doctor Ingeniero Agrónomo
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

Productos hortícolas

CONSIDERACIONES GENERALES

Los cultivos hortícolas comprenden un gran número de especies botánicas con exigencias de suelo y clima muy variables. Algunos de estos cultivos son típicos de los meses más fríos, como el caso de la alcachofa o la coliflor, mientras que otros se cultivan en los meses más cálidos, como el melón, la sandía o el tomate.

En la tabla 23.1 se presentan los principales cultivos hortícolas en España y en la tabla 23.2 las superficies de cultivo de los mismos en las diferentes Comunidades Autónomas.

NECESIDADES NUTRICIONALES

Papel de los nutrientes en la producción y calidad de los cultivos hortícolas

La producción y calidad de los cultivos hortícolas están influidos por los niveles de disponibilidad de los macro y micronutrientes en el suelo, sobre todo cuando estos niveles están fuera del rango de suficiencia. El nitrógeno es el nutriente que más frecuentemente limita la producción, aunque en otros casos el factor limitante puede ser la disponibilidad de fósforo y potasio, o bien de algún micronutriente. La influencia que cada nutriente puede tener sobre la calidad del producto hortícola, depende mucho de cada cultivo. Por ejemplo, un exceso de nitrógeno eleva el contenido de nitrato en la lechuga y la espinaca y este aumento puede afectar a su valor comercial.

Hay evidencia de que un incremento de nitrato en el suelo produce una disminución del

Tabla 23.1. Superficie de cultivo y producción de los principales cultivos hortícolas en España. Año 2007

Cultivo	Superficie (000 ha)				Producción (000 t)
	Secano	Regadío		Total	
		Aire libre	Protegido		
Ajo	1,3	15,4	-	16,7	151,7
Alcachofa	0,09	17,2	-	17,3	226,3
Cebolla	0,7	21,5	0,1	22,3	1.184
Coliflor	0,2	24,6	-	24,8	440,3
Espárrago	2,6	7,2	1,2	11,0	35,4
Guisantes	0,4	11,9	0,1	12,4	73,9
Judías verdes	0,7	8,9	5,3	14,9	220,4
Lechuga	0,2	33,9	0,8	34,9	947,6
Melón	3,8	25,4	9,4	38,6	1.183,2
Pimiento	0,3	9,6	11,9	21,8	1.057,5
Sandía	1,4	10,5	5,0	16,9	790
Tomate	0,5	32,8	20,0	53,3	4.081,5
Zanahoria	0,1	7,8	-	7,9	426
Otros	12,2	55,0	20,5	86,7	2.683,2
TOTAL	**23,5**	**281,7**	**74,3**	**379,5**	**13.501**

Fuente : MARM (2008)

Tabla 23.2. Distribución de la superficie dedicada a cultivos hortícolas en las diferentes CC.AA. (ha). Año 2007

CC.AA.	Secano	Regadío		Total
		Aire libre	Protegido	
Galicia	7.358	5.728	2.117	15.203
P. de Asturias	689	142	109	940
Cantabria	125	-	-	125
País Vasco	973	1.345	262	2.580
Navarra	1.024	17.371	271	18.666
La Rioja	-	6.166	153	6.319
Aragón	198	8.977	33	9.208
Cataluña	745	12.948	539	14.232
Baleares	126	2.095	226	2.447
Castilla y León	609	14.704	122	15.435
Madrid	53	1.645	171	1.869
Castilla-La Mancha	1.582	47.578	280	49.440
C. Valenciana	474	22.275	2.207	24.956
R. de Murcia	-	42.653	5.561	48.214
Extremadura	1.547	26.801	3.938	32.286
Andalucía	7.787	67.790	55.386	130.963
Canarias	248	3.504	2.928	6.681
ESPAÑA	**23.538**	**281.722**	**74.303**	**379.564**

Fuente : MARM (2008)

contenido de vitamina C en algunas hortalizas. En algunos casos, el exceso de nitrógeno produce alteraciones fisiológicas que disminuyen el valor comercial de las hortalizas como, por ejemplo, el tallo hueco de la coliflor y el pardeamiento del nervio central de la col cuando se almacena en cámara frigorífica. Algunos problemas de calidad están ligados a la nutrición como ocurre con el "tipburn" o necrosis apical, en hortalizas de hoja como la lechuga y la col china, que se ha asociado a una deficiencia de calcio, y el tallo hueco en brócoli y coliflor que se atribuye a un exceso de nitrógeno o a una carencia de boro o de magnesio.

Necesidades de nutrientes

Las necesidades de nutrientes varían según el cultivo y la producción. Conviene distinguir entre las necesidades de abonado y la extracción de nutrientes, sobre todo en el caso del nitrógeno, ya que las necesidades de abonado pueden ser superiores o inferiores a la extracción de nutrientes, dependiendo del contenido de estos nutrientes en el suelo antes del abonado y de las pérdidas que pueda haber por lixiviación, inmovilización, volatilización, etc. Por otra parte, al hablar de extracciones, conviene distinguir si nos referimos a la absorción de nutrientes del suelo por la planta o bien, a la cantidad de nutrientes que salen del campo con la cosecha (descontando de lo absorbido por la planta lo que queda en el campo con los residuos de cosecha).

En las tablas 23.3.1, 23.3.2 y 23.3.3 se presentan los rangos de producción y extracción de nutrientes de los principales cultivos hortícolas en cultivo al aire libre. Los datos de extracción de nutrientes que aparecen corresponden al contenido en la planta (excluyendo las raíces) para la producción comercial especificada. Para producciones diferentes, la extracción se puede aproximar suponiendo que es proporcional a la producción comercial. La extracción de nutrientes del suelo se calcula restando de la absorción de nutrientes por la planta el contenido de los mismos en los residuos de cosecha que quedan en el campo.

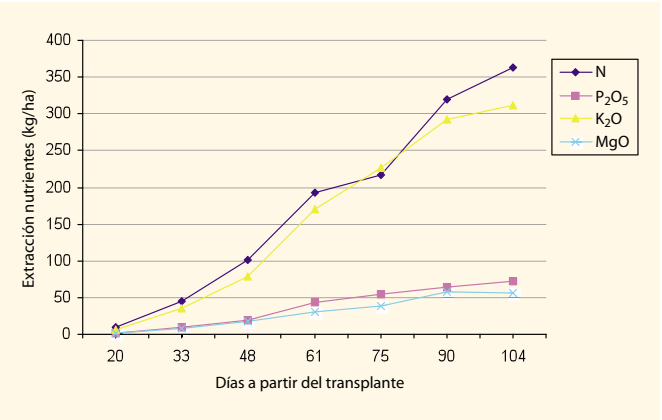
La absorción de nutrientes a lo largo del ciclo de cultivo sigue una pauta similar a la del crecimiento, es decir, hay una fase inicial lenta, seguida de una fase de absorción rápida en la que se produce la mayor acumulación de materia seca y de nutrientes en la planta. En algunos casos existe una tercera fase en que la absorción de nutrientes y el crecimiento disminuyen claramente, mientras que en otros, la recolección se realiza antes de que se llegue a esta tercera fase. En la figura 23.1 se presenta la absorción de los macronutrientes por un cultivo de brócoli. En esta figura, la absorción de fósforo, potasio y magnesio, se presenta en forma de P_2O_5, K_2O y MgO, respectivamente.

En este capítulo nos hemos centrado en los nutrientes que normalmente se incluyen en el programa de fertilización de los cultivos, es decir, nitrógeno, fósforo y potasio, ya que las carencias o toxicidades por micronutrientes no son frecuentes en cultivos al aire libre.

Deficiencias nutritivas

Las deficiencias de nutrientes producen una disminución en la producción y calidad de las cosechas y se manifiestan, cuando son más acusadas, en unos síntomas visuales. La deficiencia de nitrógeno suele producir una disminución del crecimiento y un color más pálido o amarillento de las hojas. La deficiencia de fósforo normalmente produce tonos

Figura 23.1. Ritmo de absorción de nutrientes por el cultivo de brócoli



Tablas 23.3.1, 23.3.2 y 23.3.3. Extracción del suelo de los principales nutrientes para los cultivos hortícolas más importantes y contenido aproximado de los mismos en los residuos de cosecha para las producciones señaladas [(1) (2) (5)]

Tablas 23.3.1

	Producción comercial (t/ha)	Absorción de N		N en residuos de cosecha [(3)] (kg/ha)
		por produc. comerc. (kg/t)	por superficie (kg/ha)	
Alcachofa	17	11-15	190-260	80-150[(4)]
Apio	70	2,8-4,1	200-290	60-90
Berenjena	60	3,5-5,2	210-310	100-160
Brócoli	17	12-18	200-310	150-230
Calabacín	25	3-4	75-100	20-30
Cebolla	65	2,1-2,5	140-160	20-40
Col	50	3,8-4,2	190-210	90-120
Col china	65	2,7-3,5	180-230	80-110
Coliflor	30	7,5-8,5	220-250	120-150
Espinaca	25	4,5-5,2	110-130	20-50
Guisantes	4	25-30	100-120	60-80
Judías verdes	14	8-12	110-170	30-60
Lechuga	35	2,2-2,7	80-100	15-30
Melón	35	3,2-4	110-140	30-40
Pepino	30	2,8-3,5	80-110	20-30
Pimiento	60	3-4,5	180-270	110-160
Puerro	30	3,3-5	100-150	10-30
Rábano	25	2,3-3,2	60-80	5-10
Sandía	50	2,2-2,6	110-130	30-40
Tomate	60	2,5-3,5	150-210	45-60
Zanahoria	65	2,4-3	160-200	60-110

Tabla 23.3.2

	Producción comercial t/ha	Absorción de P_2O_5		P_2O_5 en residuos de cosecha [(3)] (kg/ha)
		por produc. comerc. (kg/t)	por superficie (kg/ha)	
Alcachofa	17	3,5-5,3	60-90	40-80
Apio	70	1,4-1,9	100-130	25-40
Berenjena	60	1,5-2	90-120	30-50
Brócoli	17	4,7-5,9	80-100	50-70
Calabacín	25	1,3-1,6	30-40	5-15
Cebolla	65	0,9-1,5	60-100	3-6
Col	50	1,3-1,5	65-75	20-30
Col china	65	1,1-1,4	70-90	25-40
Coliflor	30	2,3-3	70-90	40-60
Espinaca	25	1,5-1,8	38-45	8-15
Guisantes	4	10-15	40-60	15-25
Judías verdes	14	2,9-4,3	40-60	25-35
Lechuga	35	0,8-1,4	30-50	5-8
Melón	35	1,4-2,6	50-60	15-20
Pepino	30	1,2-1,5	35-45	10-20
Pimiento	60	1,2-1,7	70-100	35-60
Puerro	30	1,5-2	45-60	5-10
Rábano	25	1,2-1,6	30-40	3-5
Sandía	50	1-1,3	50-60	10-20
Tomate	60	1,1-1,5	60-90	20-55
Zanahoria	65	1,1-1,3	70-85	20-40

Tabla 23.3.3

	Producción comercial (t/ha)	Absorción de K_2O		K_2O en residuos de cosecha (3) (kg/ha)
		por produc. comerc. (kg/t)	por superficie (kg/ha)	
Alcachofa	17	22-24	370-420	150-300
Apio	70	5,5-8,5	380-600	130-170
Berenjena	60	5,4-6,7	320-400	180-220
Bróculi	17	22-27	370-450	250-290
Calabacín	25	4,5-6,4	110-160	20-40
Cebolla	65	3-3,8	200-250	5-15
Col	50	5,8-6,4	290-320	110-130
Col china	65	3,5-5,6	230-360	150-180
Coliflor	30	10-12	300-360	160-180
Espinaca	25	7,2-8,8	180-220	50-60
Guisantes	4	22-35	90-140	80-100
Judías verdes	14	12-16	170-220	60-80
Lechuga	35	4,6-6	160-210	25-35
Melón	35	7,1-9,4	250-330	80-100
Pepino	30	3-4	90-120	30-50
Pimiento	60	5,5-6	330-360	180-220
Puerro	30	4,4-6,7	130-200	10-30
Rábano	25	3,6-4,5	90-110	10-20
Sandía	50	2,8-3,7	140-190	30-50
Tomate	60	5-5,5	300-330	80-120
Zanahoria	65	4,6-7	300-450	140-170

(1)En la extracción de nutrientes, en general, no se ha incluido el contenido de nutrientes en las raíces.
(2)La extracción de nutrientes del campo se calcula restando de la absorción el contenido de nutrientes en los residuos de cosecha.
(3)Estos valores son orientativos y pueden variar en función de la cantidad de residuos que queden en el campo.
(4)El N de los residuos se volatiliza en su mayor parte si éstos se queman.
(5)Los valores que aparecen en esta tabla se han elaborado a partir de varias fuentes. Algunas de las más importantes se citan en la sección de bibliografía.

Fuente : Elaboración propia

púrpura en las hojas más viejas, aunque en las plantas pequeñas puede haber una restricción importante del crecimiento sin apenas síntomas foliares. La deficiencia de potasio se manifiesta, en algunos casos, por una necrosis de los bordes de las hojas y un curvamiento hacia arriba de los mismos. La falta de calcio suele producir una necrosis de los bordes de las hojas más jóvenes (lo que se conoce como "necrosis apical"). La carencia de magnesio provoca un amarillamiento internervial en las hojas más viejas. Una buena fuente de información sobre carencias nutritivas en hortalizas (con fotos) se puede consultar en: http://www.hbci.com/~wenonah/min-def/list.htm

RECOMENDACIONES DE ABONADO

Cálculo de la dosis

La dosis de nutrientes a aplicar en cada caso depende fundamentalmente de las extracciones del cultivo, del contenido de nutrientes en el suelo y de su eficiencia de utilización por el cultivo. Las extracciones de nutrientes dependen principalmente de la producción, mientras que la eficiencia de utilización, sobre todo en el caso del nitrógeno, depende fundamentalmente del sistema radicular del cultivo, del manejo del abonado y de la eficiencia de riego. A continuación se indican las ideas básicas para el cálculo de las dosis de abonado para los tres nutrientes principales: nitrógeno, fósforo y potasio.

Nitrógeno

No hay un enfoque único sobre cómo determinar las necesidades de abonado nitrogenado, aunque el método denominado Nmin es un sistema que se emplea bastante en algunos países europeos. En España la información experimental que existe para poder aplicar este método en las diferentes zonas, suelos y prácticas de cultivo es aún reducida en los cultivos hortícolas. Un procedimiento que permite aproximarse a las necesidades de abonado nitrogenado en todos los casos, se basa en un balance de nitrógeno en la capa de suelo en la que se desarrollan la mayor parte de las raíces que, en general, se considera que comprende los primeros 60 cm.

Riego por surcos en col china

Para aplicar este balance en una recomendación de abonado conviene tener en cuenta que, para que no disminuya la producción por falta de N en el suelo, es necesario que el contenido de N mineral en el suelo al final del cultivo no sea inferior a un valor mínimo. Este valor mínimo lo podemos considerar, pues, como un requerimiento al realizar el balance. Los valores aproximados de este contenido mínimo para los diferentes cultivos hortícolas se indican más adelante.

La cantidad de fertilizante nitrogenado a aplicar en un cultivo sería:

- **Dosis de fertilizante** = (Extracción de N por la planta + Lixiviación + Inmovilización + Pérdidas gaseosas + Contenido mínimo de N mineral en el suelo al final del cultivo) – (Aporte por residuos de cosecha + Contenido de N mineral en el suelo al inicio del cultivo + Mineralización de la materia orgánica del suelo + Mineralización de las enmiendas orgánicas + Aporte con el agua de riego).

La aplicación de este balance para determinar las necesidades de abonado tiene el inconveniente de que requiere conocer términos que son difíciles de determinar (lixiviación, pérdidas gaseosas, inmovilización). Por eso, en la práctica, conviene aplicar un balance simplificado en el que sólo se tienen en cuenta los términos más importantes:

- **Dosis de fertilizante** = (Extracción de N por la planta + Contenido mínimo de N mineral en el suelo al final del cultivo) – (Aporte por residuos de cosecha + Contenido de N mineral en el suelo al inicio del cultivo + Mineralización de la materia orgánica del suelo + Mineralización de las enmiendas orgánicas + Aporte con el agua de riego).
  Dado que en este balance simplificado se ignoran las pérdidas por lixiviación, las pérdidas gaseosas y la inmovilización, es aconsejable aumentar las dosis de fertilizante calculadas un 10-20 %.

A continuación se describe cómo se determinan cada uno de los términos del balance simplificado:

- La **extracción de N por la planta** para la producción esperada se puede calcular empleando los valores que aparecen en la tabla 23.3.1 (absorción total de N en kg/ha).
- El **contenido de N mineral mínimo** en el suelo al final del cultivo en la mayoría de los

cultivos oscila entre los 30 y 60 kg N/ha (en la capa 0-60 cm). En el caso del brócoli temprano, la coliflor, el puerro, la cebolla y la espinaca, los valores oscilan entre 60 y 90 kg N/ha.

- El **aporte de N en los residuos de cosecha** se puede estimar utilizando los datos de la tabla 23.3.1, teniendo en cuenta que el N de estos residuos tiene que mineralizarse (convertirse en amonio y nitrato) antes de estar disponible para las plantas. Entre el 40-80% de este N puede estar disponible para el cultivo al cabo de 2-3 meses, si estos residuos se incorporan al suelo.
- El **contenido de N mineral del suelo al inicio del cultivo** suele ser elevado y, por tanto, su determinación es importante. Esta determinación se realiza mediante muestreo de suelo y análisis de nitrato y amonio. En el caso de que no se tenga una medida del N mineral del suelo al inicio del cultivo, se pueden hacer aproximaciones para estimar este valor, teniendo en cuenta el cultivo anterior, ya que hay cultivos que suelen dejar poco N mineral residual en el suelo al final del cultivo, mientras que otros dejan cantidades elevadas. La cantidad de N mineral residual también depende de la cantidad de fertilizante que se haya empleado en el cultivo anterior en comparación a sus necesidades.
- El **aporte de N por mineralización de la materia orgánica** o humus del suelo, se puede estimar utilizando los valores que se dan en la tabla 4.2, de acuerdo con el contenido de materia orgánica del suelo y su textura.
- El **aporte de N por mineralización de las enmiendas orgánicas** se calculará teniendo en cuenta la riqueza en N de la enmienda aplicada y la velocidad de mineralización (capítulo 6).
- El **aporte de N con el agua de riego** se calcula a partir del agua aplicada y de su concentración de nitrato, teniendo en cuenta que el nitrato tiene 22,6% de N. El contenido de amonio en el agua de riego es despreciable, excepto cuando se emplean aguas residuales depuradas. En la tabla 3.1 se indican las aportaciones en nitrato del agua de riego en función de su contenido en N y de la dosis de riego utilizada.

Fósforo y Potasio

La estrategia de fertilización fosfatada y potásica debe contemplar la aportación de una cantidad de fósforo y potasio que sea suficiente para cubrir las necesidades del cultivo en estos elementos y, al mismo tiempo, mantener el suelo con unos niveles satisfactorios de fósforo y potasio asimilables.

El cálculo de las necesidades de abonado fosfatado y potásico se puede realizar mediante un balance simplificado de estos nutrientes en el suelo, que incluya las principales entradas y salidas en el sistema suelo-planta.

La cantidad de fertilizante fosfatado o potásico que se necesita aplicar a un cultivo se puede obtener a partir de la fórmula siguiente:

- **Dosis de fertilizante** = (Extracción de fósforo o potasio por el cultivo + Lixiviación + Fijación) – (Aporte de la reserva del suelo en nutrientes asimilables + Aporte por los restos de cosecha + Aporte con las enmiendas y abonos orgánicos + Aporte con el agua de riego).

Dado que en este balance algunos términos son de difícil determinación o predicción, como sucede con los procesos de lixiviación y fijación, se puede recurrir a un balance simplificado que incluya únicamente los términos más relevantes:

- **Dosis de fertilizante** = Extracción de fósforo o potasio por el cultivo – (Aporte de la

reserva del suelo en nutrientes asimilables + Aporte por los restos de cosecha + Aporte con las enmiendas y abonos orgánicos + Aporte con el agua de riego).

La determinación de cada uno de estos términos se realiza como se indica a continuación:

- La **extracción del fósforo o potasio por el cultivo** para la producción prevista se puede calcular a partir de las cifras que se indican en las tablas 23.3.2 y 23.3.3 (absorción total de P_2O_5 y K_2O en kg/ha).
- El **P o K asimilables disponibles de la reserva del suelo** se determina en función del nivel de riqueza del suelo en estos nutrientes, para lo cual se requiere conocer la fertilidad del suelo mediante el análisis químico del mismo y su posterior interpretación de los resultados, utilizando los valores de las tablas 10.1 y 11.1.
- El **aporte de P y K en los restos del cultivo precedente** se puede estimar a partir de los valores que se muestran en las tablas 23.3.2 y 23.3.3. A efectos prácticos de cálculo se puede considerar el 100% de este P y K como disponible para los cultivos siguientes, en el supuesto de que tales residuos se incorporen al suelo.
- El **aporte de P y K en las enmiendas y abonos orgánicos** se puede obtener conociendo la dosis, el tipo de producto aplicado y las características físico-químicas del mismo. En el capítulo 6 se indican los contenidos de P y K de las enmiendas y abonos orgánicos.
- El **aporte de K con el agua de riego** se puede calcular a partir de la dosis de agua aplicada y de su concentración de potasio. Este aporte tiene una cierta importancia cuando se utilizan aguas subterráneas para el riego. Así pues, en el supuesto de que se riegue con un agua que tenga 10 mg de potasio/l, y que se aplique una dosis de 4.000 m^3/ha, la cantidad de potasio añadida con el agua de riego sería 40 kg K/ha, que equivalen a 48 kg K_2O/ha.

Cultivo de col lombarda

Tabla 23.4. Necesidades aproximadas de N, P_2O_5 y K_2O de diferentes cultivos hortícolas para los niveles de producción indicados con riego por surcos (1)

Cultivo	Producción (t/ha)	Necesidades de N (kg/ha)	Necesidades de P_2O_5 (kg/ha)	Necesidades de K_2O (kg/ha)
Al aire libre				
Alcachofa	15-20	250-290	60-90	300-380
Apio	60-80	280-320	100-130	380-600
Berenjena	50-70	290-330	90-120	320-400
Brócoli	15-20	280-320	80-100	370-450
Calabacín	25-35	100-120	30-40	110-160
Cebolla	60-70	170-190	60-100	200-250
Col	35-45	230-250	65-75	290-320
Col china	60-70	220-260	70-90	230-360
Coliflor	25-35	260-300	70-90	300-360
Espinaca	25-30	140-160	40-50	180-220
Guisante	3-5	80-130	40-60	90-140
Judía verdes	12-16	80-120	40-60	130-160
Lechuga	30-40	120-140	30-50	180-230
Melón	30-40	140-160	50-60	250-330
Pepino	25-35	100-120	40-50	120-160
Pimiento	50-60	220-280	80-100	300-340
Puerro	35-45	150-190	45-60	130-200
Rábano	25-30	80-100	30-40	90-110
Sandía	55-65	140-170	60-70	180-220
Tomate	55-65	200-240	65-90	300-330
Zanahoria	60-70	170-210	70-85	300-450
En invernadero(2)				
Berenjena	65-75	370-390	120-150	400-480
Calabacín	50-60	200-250	60-80	220-300
Judía verdes	13-17	90-130	50-70	140-160
Melón	50-65	220-260	80-100	370-400
Pepino	75-85	220-280	130-150	260-320
Pimiento	55-65	270-290	90-120	350-400
Sandía	55-65	140-170	60-70	180-220
Tomate	100-120	380-410	160-180	600-700

(1) En el texto se explica como utilizar estos datos para determinar las necesidades de abonado específicas de un cultivo. En el caso del riego localizado, los valores indicados para el N deben reducirse un 15% si se considera la misma producción.
(2) Con riego localizado (elaborado a partir de Reche (2008), Cabello y Cabrera (2003) y datos facilitados por M.L. Segura (IFAPA, Almería)).

Dosis de nutrientes recomendadas

A modo orientativo, en la tabla 23.4 se indican las dosis de abonado que pueden emplearse para los niveles de producción especificados, si no se dispone de una información local de los servicios técnicos de agricultura que se haya obtenido mediante estudios técnicos en la zona.

Para determinar las dosis adecuadas de N a aplicar en el abonado en un caso concreto, se aplica la siguiente fórmula:

Necesidades de abonado N = Necesidades de N (tabla 23.4) x Fc – Nmin suelo – Nriego

donde:

- **Fc** es el factor de proporcionalidad entre la producción típica de la zona y la que aparece en la tabla 23.4.
- **Nmin suelo** es el nitrógeno mineral en el suelo en la capa de 0-60 cm, poco antes de la siembra o plantación.
- **Nriego** es el N aportado en el agua de riego.

En los cultivos de leguminosas, estas indicaciones para el cálculo de abonado nitrogenado mediante el balance de nitrógeno son de más difícil aplicación, ya que en este caso una parte importante de las entradas de N (fijación biológica) es de difícil cuantificación.

Para calcular las dosis necesarias de P y K a aplicar en el abonado en un cultivo determinado se puede utilizar la fórmula siguiente:

Necesidades de abonado PK = Necesidades de P y K por el cultivo (tabla 23.4) x Fc x Fs - PK restos de cosecha - PK productos orgánicos - K riego

donde:

- **Fc** es el factor de proporcionalidad entre la producción normal de la zona y la que se muestra en la tabla 23.4.
- **Fs** es el factor corrector en función de la riqueza del suelo en P y K asimilables (tablas 10.1 y 11.1). Los valores de Fs para los niveles Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto son: 1,5, 1,3-1,4, 0,8-1,2, 0,1-0,7 y 0, respectivamente.
- **PK restos de cosecha**, que se estiman a partir de los valores de las tablas 23.3.2 y 23.3.3.
- **PK productos orgánicos**, que se estiman a partir de la información comercial, análisis químico o valores de tablas estándar recogidos en el capitulo 6.
- **K riego** es el K aportado con el agua de riego.

En los cultivos de invierno, se ha observado que, debido a las bajas temperaturas, es conveniente realizar una aplicación moderada (alrededor de un 50% de la dosis de restitución) de abono fosfatado, incluso en suelos con niveles altos de fósforo asimilable.

Épocas y momentos de aplicación

Una vez determinadas las necesidades de abonado, hay que establecer los momentos adecuados para su aplicación. La idea principal del fraccionamiento del abonado, sobre todo en el caso del nitrógeno, es que permite aumentar la eficiencia de uso del fertilizante al acompasar mejor el suministro del nutriente con su absorción por el cultivo. En el caso del riego tradicional (por surcos o por inundación), la distribución temporal debe ser aproximadamente:

Abonado de fondo:

- Nitrógeno: 20-40% del total.
- Fósforo: 100% del total.
- Potasio: 100% del total.

Abonado de cobertera:

- Nitrógeno: 60-80% del total, repartido en una o varias aplicaciones, dependiendo de la duración del cultivo, evitando aplicar en la última parte del ciclo de cultivo.

En el caso de la fertirrigación la distribución del N, P y K es mucho más fraccionada y, en general, debe aplicarse entre un 20-30% en el primer tercio del ciclo de cultivo, un 50-60% en el segundo tercio, y un 10-30% en el último tercio del ciclo.

Algunas normas básicas que conviene tener en cuenta son:

- En la fase inicial del cultivo, las exigencias de nutrientes son bajas, pero si se produce un déficit de nitrógeno los efectos sobre el crecimiento pueden ser irreversibles.
- Durante los períodos fenológicos como la floración, el cuajado y la formación de bulbos, deben evitarse aplicaciones excesivas de nitrógeno.
- En la fase final del cultivo, la aplicación de N deber ser pequeña o nula, ya que puede repercutir negativamente en la calidad y puede ocasionar niveles altos de N mineral en el suelo que, posteriormente, podría lixiviarse.

Forma en que se aportan los nutrientes

Los nutrientes se pueden aportar en forma mineral (fertilizantes minerales) o en forma or-

gánica (estiércol, purín, compost, etc.). Dentro de los fertilizantes minerales podemos considerar las diferentes formas químicas que, para el nitrógeno son, básicamente, la amoniacal, la nítrica y la ureica.

La baja uniformidad de aplicación de los fertilizantes disminuye su eficiencia

Cuando se emplea riego tradicional, en el abonado de fondo se debe utilizar la forma ureica o amoniacal, porque están menos expuestas a la lixiviación, mientras que en los abonados de cobertera se recomienda emplear cualquiera de ellas, preferentemente las formas nítrico-amoniacales o nítricas. Aunque la urea no tiene carga iónica y no se absorbe al suelo, debido a que se transforma con mucha rapidez en amonio, se lixivia con menos facilidad que el nitrato. En el caso que se emplee la fertirrigación, conviene tener en cuenta que cuando las temperaturas son bajas, un 25-50% del N aplicado debería estar en forma nítrica, mientras que en tiempo más cálido, como la nitrificación es más rápida a estas temperaturas, se pueden emplear las formas amoniacales en mayor proporción.

Enmiendas orgánicas

En la aplicación de enmiendas orgánicas al suelo, su calidad agronómica es un aspecto de crucial importancia. En general, es recomendable aplicar productos orgánicos estabilizados e higienizados mediante un proceso de compostaje o similar, con la finalidad de reducir los posibles riesgos derivados de la aplicación de las materias orgánicas crudas, como la inmovilización del nitrógeno, la liberación de compuestos fitotóxicos, la presencia de microorganismos patógenos, semillas de malas hierbas, etc. Asimismo, las enmiendas y los abonos orgánicos deben presentar unos contenidos de metales pesados inferiores a los máximos admisibles por las normativas vigentes.

CONSEJOS PRÁCTICOS DE ABONADO

En los apartados anteriores se han resumido las principales ideas para determinar el abonado más apropiado de los cultivos hortícolas. A continuación, se hacen algunas sugerencias que pueden ayudar a mejorar la eficiencia de los fertilizantes:

- La uniformidad en la distribución de los fertilizantes y del agua de riego aumenta la eficiencia del uso de los fertilizantes y del agua.
- Cuando se aplican abonos o enmiendas orgánicas conviene incorporarlos al suelo poco después de su aplicación para, así, disminuir las pérdidas de nitrógeno por volatilización o por escorrentía.
- Un buen manejo del riego reduce las pérdidas de agua por percolación profunda y, por tanto, reduce las pérdidas de nitrato por lixiviación.
- Si se producen lluvias importantes que hayan podido producir lixiviaciones o lavados importantes del nitrato, puede ser necesario realizar algún abonado nitrogenado adicional para compensar estas pérdidas.

Ensayos sobre fertirrigación en pimiento

- En el caso del riego por surcos o inundación, el fraccionamiento de las aplicaciones de los fertilizantes tiene que ser mayor en el caso de suelos más arenosos, pedregosos o poco profundos.
- En cada Comunidad Autónoma, los Códigos de Buenas Prácticas Agrarias y los Servicios Técnicos de las Consejerías de Agricultura ofrecen información útil sobre el abonado de los cultivos hortícolas.
- En los cultivos de invierno es conveniente realizar una aplicación moderada (un 50% de la dosis de restitución) de abono fosfatado, incluso en suelos con niveles altos de fósforo asimilable.

Bibliografía

- Cabello, A.; Cabrera, R., 2003. Consideraciones sobre la fertilización nitrogenada en los cultivos hortícolas de invernadero en Almería. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- Feller, C.; Fink, M., 2002. Nmin target values for field vegetables. Acta Horticulturae 571:195-201.
- Fink, M., Feller, C., Scharpf, H-C., Weier, U., Maync, A., Ziegler, J., Paschold, P.J.; Strohmeyer, K., 1999. Nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium contents of field vegetables – Recent data for fertiliser recommendations and nutrient balances. J. Plant Nutr. Soil Sci. 162:71-73.
- Maroto, JV., 2002. Horticultura Herbácea especial 5ª Ed. 702 pp. Ed. Mundi Prensa. Madrid.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2008. Anuario de Estadística Agroalimentaria y Pesquera 2007. Secretaría General Técnica, Madrid.
- Pomares, F., 2008. La fertilización y la fertirrigación, programas de nutrición, influencia sobre la programación. Actas de Horticultura (SECH) 50:133-143.
- Reche-Mármol, J., 2008. Agua, suelo y fertirrigación de cultivos hortícolas en invernadero. MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), Madrid.
- Scaife, A.; Bar-Yoseph, B., 1995. Fertilizing for high yield and quality. Vegetables. International Potash Institute, Bull. 13. Basel, Switzerland.
- Sepúlveda, J.; Garrós, V.; Ramos, C., 2003. El análisis rápido de nitrato en suelos y aguas. Agrícola Vergel, Mayo 273-278.
- Tremblay, N.; Scharpf, H.C.; Weier, U.; Laurence, H.; Owen, J., 2001. Nitrogen management in field vegetables. A guide to efficient fertilization. Agriculture and Agri-Food. Canada. 65 pp. (disponible en la web: http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/A42-92-2001E.pdf).

24 ABONADO DE LOS CÍTRICOS

Ana Quiñones Oliver
Doctora Ingeniera Agrónoma
Belén Martínez Alcántara
Doctora Ingeniera Agrónoma
Eduardo Primo-Millo
Doctor Ingeniero Agrónomo
Francisco Legaz Paredes
Doctor en Ciencias Biológicas
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrárias (IVIA)

Árboles adultos de clementina de Nules al inicio del cuajado del fruto

CONSIDERACIONES GENERALES

Descripción botánica y fisiológica

Las especies de los cítricos con interés comercial pertenecen a la familia de las *Rutáceas*, subfamilia *Aurantioideas*. El sistema taxonómico subdivide a los cítricos cultivados en tres géneros: *Poncirus*, que posee una sola especie (*P. Trifoliata*), *Fortunella*, donde se incluyen especies de pequeños árboles y arbustos, y *Citrus*, que posee 16 especies de hoja perenne y son las más importantes desde el punto de vista agronómico (Ortiz, 1985).

Los cítricos son árboles de tamaño moderado a grande de hoja perenne. La forma de los árboles varía desde la copa erecta de algunos mandarinos a la extendida como la de los pomelos. Las hojas son unifoliadas con bordes de formas y tamaños diversos. El tamaño del pecíolo también varía con la especie, generalmente de manera similar al tamaño de la hoja. Las flores nacen individualmente o agrupadas en las axilas de las hojas y pueden ser perfectas o estaminadas. La germinación de la semilla es hipogea, es decir, los cotiledones permanecen subterráneos (Davies y Albrigo, 1999).

El desarrollo de la parte aérea de los cítricos se produce en ciclos definidos denominados brotaciones, en un número anual que varía entre dos y cuatro, siendo generalmente tres: brotación-floración de primavera (marzo-abril) y brotaciones vegetativas de verano (junio-julio) y otoño (sep-

tiembre-octubre). El cuajado del fruto tiene lugar desde principios de mayo hasta el final de junio. Posteriormente, se inicia el crecimiento del fruto hasta la maduración. Ésta etapa transcurre desde julio hasta marzo, según variedades.

Exigencias climáticas y edáficas

El clima es un factor crítico en el desarrollo de las plantas; de hecho puede ser limitante para su cultivo. En términos generales, los cítricos se desarrollan entre los 40º N y 40º S de latitud. Sin embargo, las plantaciones comerciales se encuentran casi exclusivamente en las regiones subtropicales, donde la temperatura es modulada por acción de los vientos marinos. La altitud se presenta como un factor limitante del cultivo, pero el límite al que se pueden cultivar los cítricos depende marcadamente de la latitud de la zona.

Por otro lado, posiblemente, la variable climática más importante en la determinación del desarrollo vegetativo, de la floración, del cuajado y de la calidad del fruto es la temperatura. Temperaturas de 25 a 30 °C se consideran óptimas para la actividad fotosintética, y temperaturas de 35 °C o superiores la reducen. Además, temperaturas por debajo de 0 °C afectan seriamente al desarrollo de la planta. Las necesidades hídricas de los cítricos adultos, estimadas según pérdidas por evapotranspiración, se establecen entre los 5.000 y los 8.000 m^3 ha/año, lo que equivale a una pluviometría anual entre 500 y 800 mm.

Los cítricos presentan un desarrollo óptimo en suelos arenosos profundos y suelos francos, siempre que la luz, la temperatura, los elementos minerales y el agua no sean limitantes. Por el contrario, los suelos impermeables y muy arcillosos dificultan su crecimiento. Cuando la proporción de arcilla es superior al 50%, el crecimiento de las raíces se ve seriamente restringido.

Importancia en España. Superficie y localización

España presenta una superficie citrícola de unas 273.000 ha en producción (315.000 ha de superficie total), lo que representa el 9% de la superficie de regadío y el 1,2% de la superficie agraria utilizable. La producción citrícola se encuentra localizada en cuatro Comunidades Autónomas: Comunidad Valenciana (Alicante, Castellón y Valencia), Andalucía (Almería, Córdoba, Huelva, Málaga y Sevilla), Murcia y Cataluña (sur de Tarragona). Cabe destacar la reducción progresiva que viene registrando el cultivo del naranjo en las últimas décadas, mientras que la superficie de mandarinos se ha duplicado. Este incremento es como consecuencia no sólo de la puesta en cultivo de nuevas superficies sino, especialmente, de un importante proceso de reconversión varietal.

NECESIDADES NUTRICIONALES

El objetivo del abonado es incrementar la fertilidad natural del suelo con el fin de obtener un aumento del rendimiento de la produc-

Tabla 24.1. Superficie total de los principales cultivos de cítricos en España (000 ha). Año 2007

CC.AA.	Mandarino	Limón	Naranjo	Pomelo	Otros	Total
Comunidad Valenciana	93,0	10,9	74,8	0,4	2,8	181,9
Andalucía	14,5	7,1	56,4	0,5	1,0	79,5
Murcia	4,6	23,2	10,6	0,4	-	38,8
Cataluña	9,0	0,04	1,9	-	-	10,9
ESPAÑA	**121,6**	**42,0**	**146,8**	**1,3**	**3,8**	**315,5**

Fuente: MARM (2008)

Árboles adultos de clementina de Nules con fruto maduro en riego por goteo

ción y una mejora de la calidad del fruto. Por tanto, el conocimiento de las necesidades nutritivas anuales de las plantas para el crecimiento y el desarrollo de nuevos órganos, así como los momentos en que se producen éstas, son esenciales para efectuar un abonado racional.

Papel de los nutrientes

El **nitrógeno** constituye el elemento más importante en la programación anual del abonado. Su influencia sobre el crecimiento, la floración y la productividad es notable, así como, en ciertas condiciones, sobre la calidad del fruto.

El **fósforo** participa en el metabolismo de los azúcares, de los ácidos nucleicos y en los procesos energéticos de la planta.

El **potasio** es esencial como coenzima en numerosos enzimas, así como la exigencia de elevadas cantidades del mismo durante la síntesis proteica. Especialmente importante es su papel en la fotosíntesis y en el metabolismo de los hidratos de carbono.

El **magnesio** tiene como función más importante ser un constituyente del átomo central de la molécula de clorofila.

El **calcio** es un macronutriente que presenta diferencias muy notables con el resto, ya que su incorporación al citoplasma celular se halla severamente restringido. La mayor parte de su actividad en la planta se debe a su capacidad de coordinación, ya que es capaz de establecer uniones estables y, al mismo tiempo reversibles, entre moléculas.

El **azufre** juega un papel clave en la síntesis de proteínas. Es un componente importante de algunos aminoácidos como la cisteína, la cistina, etc., y de la coenzima A.

En cuanto a los microelementos: el **hierro** forma parte de la ferredoxina y los citocromos, sustancias transportadoras de electrones y, por lo tanto, fundamentales en la fotosíntesis y en la respiración; el **zinc** interviene en distintas enzimas. Indirectamente, su deficiencia inhibe la síntesis proteica; el **manganeso** está involucrado en la activación de numerosos enzimas; el **cobre** actúa en la planta fundamentalmente en las uniones enzimáticas en las reacciones redox; el **boro** en los cítricos tiene un papel todavía poco conocido. No se tiene evidencia de que participe en estructuras enzimáticas y muy pocas de que la actividad de éstas se vea estimulada o inhibida por él; y el **molibdeno** interviene en la fijación del nitrógeno atmosférico y en la reducción del nitrato.

Deficiencias nutritivas

La insuficiencia en la disponibilidad de un elemento mineral con repercusiones negativas sobre el desarrollo y la productividad recibe el nombre de deficiencia o carencia.

La **deficiencia de nitrógeno** se caracteriza por una reducción del tamaño de las hojas y un amarilleamiento general de éstas, más acusado en los nervios. Particularmente intensos son estos síntomas en las hojas de los brotes con fruto. Los frutos que alcanzan la madurez suelen ser de menor tamaño, con la corteza muy fina y de buena calidad.

La **carencia de fósforo** es muy difícil detectar en campo, no sólo porque no es frecuente en las plantaciones de cítricos, sino porque no presenta manifestaciones claras. En las plantas deficientes en este elemento la floración es más escasa, los frutos son de mayor tamaño pero con menos zumo, corteza más gruesa y menos consistentes.

Los síntomas de **carencia del potasio** son poco visibles y específicos, precisándose de análisis foliares para su detección. Afectan, sobre todo, a las hojas viejas, dada la movilidad de este elemento en la planta, que se arrugan y enrollan. Los frutos son pequeños y con la corteza delgada y suave, que tiende a colorear prematuramente.

La **carencia del magnesio** se manifiesta por un amarilleamiento de la hoja, principalmente las viejas, que no alcanza toda la superficie, queda una "V" rellena de color verde, con su vértice apuntando hacia el ápice de la hoja. La deficiencia del Mg produce frutos de menor tamaño, con una corteza más delgada, menor contenido en azúcares y acidez total.

Los síntomas más característicos de la **deficiencia de calcio** son la reducción del desarrollo, pérdida de vigor, desecación de las puntas de las ramas y defoliaciones. El rendimiento de la cosecha y el tamaño del fruto pueden verse ligeramente reducidos en estas condiciones.

En plantas con **carencia de azufre** se observa un comportamiento similar a la carencia de nitrógeno. Las hojas presentan un color verde pálido, pero además se produce un encorvamiento de las puntas de las hojas, que avanza hacia la base.

Dada la falta de movilidad del hierro por la planta para movilizarse desde las hojas viejas, la **carencia de hierro** se manifiesta por la tonalidad amarilla que adquieren las hojas de las brotaciones jóvenes, excepción hecha de sus nervios que permanecen verdes. Además se reduce el número y tamaño final de los frutos, así como el contenido en sólidos solubles totales.

La **deficiencia de zinc** se caracteriza por la formación de zonas amarillentas alrededor de los nervios secundarios de las hojas que destacan sobre un fondo verdoso. En estados gra-

Detalle de un buen cuajado

ves, las hojas, principalmente las jóvenes, alcanzan un tamaño inferior al normal. Además, la cosecha se reduce y los frutos son de menor tamaño, con la corteza fina, poco zumo y baja concentración de sólidos solubles.

La **deficiencia del magneso** se caracteriza por la aparición de lagunas amarillas, relativamente irregulares en su forma y distribución, sobre las hojas jóvenes, pero sin alterar su tamaño ni forma. Suelen coexistir con las carencias de Zn.

La **carencia del cobre** en los cítricos es difícil de encontrar, ya que los tratamientos fungicidas que se aplican en su cultivo son suficientes para cubrir las necesidades de los árboles.

Los síntomas de **carencia del boro** son poco específicos, siendo los más relevantes manchas traslúcidas, amarilleamiento de nervios, de-

formación y color bronceado de las hojas jóvenes y bolsas de goma en el albedo de frutos.

La **carencia de molibdeno** en los cítricos trae consigo una sintomatología muy parecida a la falta de N. Además se manifiesta por una escasa cantidad de hojas y éstas tienden a curvarse hacia arriba.

Consumo de nutrientes a lo largo del ciclo de cultivo

Las necesidades nutritivas se definen como la cantidad de elementos nutritivos consumidos por la planta durante un ciclo vegetativo anual. En la determinación de éstas se incluye el consumo en el desarrollo de nuevos órganos (vegetativos y reproductivos) y en el crecimiento de los órganos viejos permanentes. Las hojas de ciclos anteriores (hojas viejas), se deben considerar como fuente de nutrientes, ya que al principio del ciclo vegetativo removilizan, hacia los nuevos órganos, una proporción importante de su contenido en elementos móviles y, cuando las condiciones del medio y de la planta les permiten recuperar parte de los elementos exportados, una parte de estas hojas ya se ha desprendido del árbol.

Las necesidades nutritivas de los agrios para plantas de diferentes edades se exponen en la tabla 24.2.

Asímismo, se muestra que parte de estos nutrientes son aportados por las reservas contenidas en las hojas viejas. En el caso del hierro, dada su escasa movilidad en la planta, la aportación por las hojas puede considerarse inapreciable. Evidentemente, los valores expuestos en esta tabla son de tipo medio y pueden sufrir variaciones en función de las características de la planta; sin embargo, tienen un valor indicativo aproximado de las necesidades reales de los agrios.

RECOMENDACIONES DE ABONADO

Para aportar una dosis razonable de abono a una plantación de cítricos hemos de considerar, en primer lugar, la cantidad de nutrientes que consume el cultivo anualmente (tabla 24.2) y, por otro lado, la eficiencia o proporción de elementos que aprovecha el arbolado cuando se aplican los fertilizantes.

Eficiencia en el uso de los fertilizantes

El concepto de eficiencia en el uso de los abonos se define como la proporción de un elemento que es aprovechado por el arbolado cuando se aplica una dosis determinada del mismo.

Generalmente, la relación que existe entre el elemento aplicado y su aprovechamiento por el cultivo no es lineal, de modo que, conforme se aplican dosis crecientes la eficiencia disminuye. Esta respuesta indica que la eficiencia se debe calcular para la dosis considerada agronómicamente óptima para un cultivo con unas prácticas culturales determinadas.

Cálculo de la dosis

Partiendo de los datos expuestos en la tabla 24.2 y aplicando un incremento de nutrientes en

Tabla 24.2. Necesidades nutritivas de los agrios

Edad (años)	Peso seco (kg/árbol)	Consumo nutrientes (g/árbol)					Nutrientes cubiertos por hojas viejas (%)					Necesidades anuales netas (g/árbol)				
		N	P	K	Mg	Fe	N	P	K	Mg	Fe	N	P	K	Mg	Fe
Plantón (2)	1,2	6,8	0,8	3,6	1,4	0,04	25	12	22	24	-	5,1	0,7	2,8	1	0,04
En desarrollo (6)	32	210	18	121	46	1,1	32	16	28	30	-	142	15	87	32	1,1
Adulto (>12)	102	667	53	347	135	3,4	32	17	29	30	-	453	44	246	95	3,4

función de la eficiencia media de los fertilizantes más utilizados, se pueden obtener las recomendaciones de abonado en función de la edad de la plantación, diámetro de copa, densidad de plantación y producción.

Dosis anual = Necesidades anuales netas (tabla 24.2) x F1 x F2

Siendo:

F1 = 100/Porcentaje eficiencia en la utilización de los fertilizantes en riego por inundación o goteo.

F2 = Factor de conversión de elementos nutritivos en unidades fertilizantes (UF/kg: N x 1= N; P x 2,3= P_2O_5; K x 1,2= K_2O; Mg x 1,7= MgO; Fe x 1=Fe).

Normalmente, las dosis se establecen en función de la edad de la plantación, pero es más conveniente calcularlas de acuerdo con el diámetro de copa, ya que el porte del arbolado en relación con la edad puede variar considerablemente según el vigor de la combinación variedad/patrón y las condiciones de cultivo. Por otro lado, las dosis se han calculado para la densidad del arbolado más típica de cada grupo de variedades (marco de plantación) y para producciones medias, ya que rendimientos bajos o altos originan un crecimiento vegetativo abundante o escaso, respectivamente, que da lugar a un consumo similar de nutrientes. En la figura 24.1 se presentan las curvas de las dosis recomendadas (g/árbol) de N, P_2O_5, K_2O, MgO y Fe para los diferentes grupos de cítricos en función del diámetro de copa de las plantas.

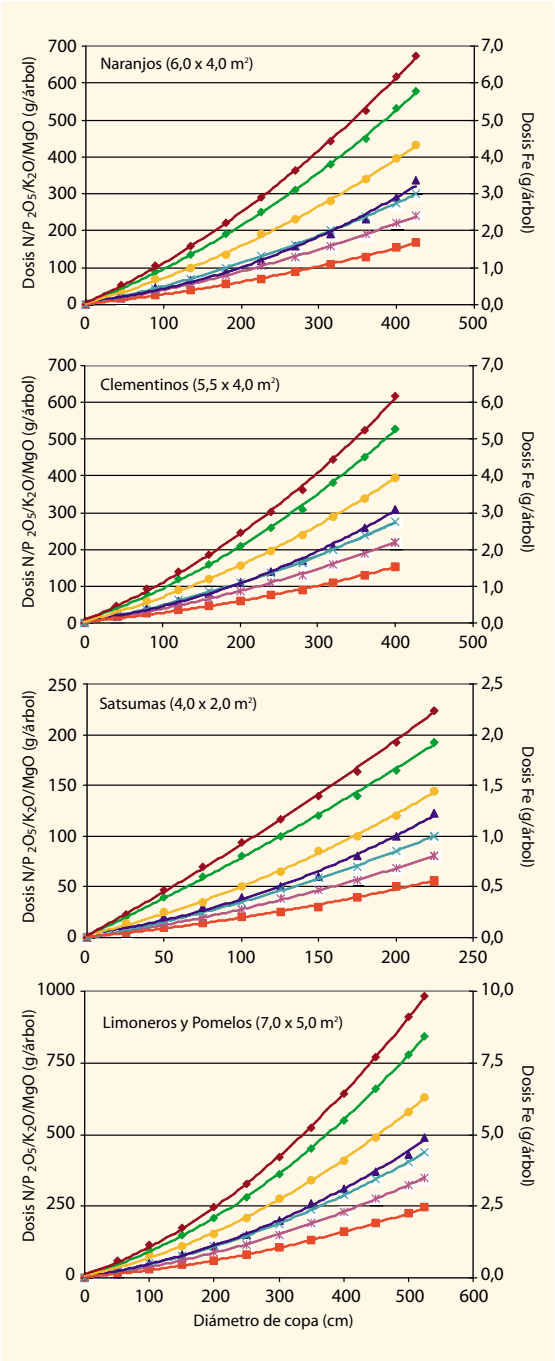
Árboles adultos de clementina de Nules en fase de crecimiento del fruto

En la tabla 24.3 se exponen las fórmulas matemáticas para el cálculo de estas dosis en función del diámetro de copa, desde el momento de la plantación hasta el máximo desarrollo vegetativo que les permite su marco de plantación (en este momento las copas se tocan).

Tabla 24.3. Dosis anual estándar (y:g/árbol) en función del diámetro de copa (x:cm)

	Naranjos	Clementinos	Satsumas	Limones y Pomelos
N inundación	$y = 0{,}0015x^2 + 0{,}9267x + 5{,}1062$	$y = 0{,}0016x^2 + 0{,}8413x + 8{,}5991$	$y = 0{,}0006x^2 + 0{,}8318x + 2{,}0271$	$y = 9E\text{-}06x^2 + 0{,}0035x + 0{,}0329$
N goteo	$y = 0{,}0013x^2 + 0{,}7943x + 4{,}3767$	$y = 0{,}0014x^2 + 0{,}7211x + 7{,}3706$	$y = 0{,}0006x^2 + 0{,}7129x + 1{,}7375$	$y = 0{,}0018x^2 + 0{,}6445x + 9{,}2788$
P_2O_5	$y = 0{,}0004x^2 + 0{,}2158x + 2{,}2483$	$y = 0{,}0004x^2 + 0{,}1901x + 4{,}0699$	$y = 0{,}0005x^2 + 0{,}1424x + 0{,}8672$	$y = 0{,}0005x^2 + 0{,}1831x + 3{,}3384$
K_2O	$y = 0{,}0012x^2 + 0{,}2172x + 9{,}1551$	$y = 0{,}0012x^2 + 0{,}2844x + 5{,}3427$	$y = 0{,}0014x^2 + 0{,}2032x + 3{,}4648$	$y = 0{,}0011x^2 + 0{,}3137x + 5{,}5544$
MgO	$y = 0{,}001x^2 + 0{,}5694x + 4{,}7232$	$y = 0{,}0011x^2 + 0{,}5528x + 4{,}6713$	$y = 0{,}0012x^2 + 0{,}3604x + 2{,}4821$	$y = 0{,}0013x^2 + 0{,}4883x + 8{,}0239$
Fe inundación	$y = 6E\text{-}06x^2 + 0{,}0043x + 0{,}0049$	$y = 7E\text{-}06x^2 + 0{,}0039x + 0{,}0191$	$y = 7E\text{-}06x^2 + 0{,}0028x - 0{,}0022$	$y = 9E\text{-}06x^2 + 0{,}0035x + 0{,}0329$
Fe goteo	$y = 5E\text{-}06x^2 + 0{,}0034x + 0{,}0039$	$y = 6E\text{-}06x^2 + 0{,}0031x + 0{,}0152$	$y = 6E\text{-}06x^2 + 0{,}0022x - 0{,}0017$	$y = 7E\text{-}06x^2 + 0{,}0028x + 0{,}0263$

Figura 24.1. Dosis anual estándar de N inundación (◆), N goteo (◆), P_2O_5 (■), K_2O (▲), MgO (●), Fe inundación (×) y Fe goteo (✳). Cítricos



En el momento que los árboles alcancen el diámetro máximo de copa que les permite su marco de plantación, se aplicará la dosis máxima (tabla 24.4). Con posterioridad, ésta se continuará suministrando con independencia de la edad de la plantación. Las dosis por hectárea se han considerado las mismas para cualquier grupo de variedades de cítricos, con diferente porte, debido a que el consumo más bajo en plantas con un menor marco de plantación se ve compensado con un mayor número de plantas por hectárea. En cambio, cuando las dosis se expresan en g/árbol, éstas varían en función del diámetro de copa del arbolado (figura 24.1 y tabla 24.3).

Las dosis recomendadas para el N, P y Fe son superiores en riego por inundación que en goteo, por la mayor eficiencia en la absorción de estos nutrientes en el riego por goteo; en cambio, para el K y Mg, se pueden considerar las mismas dosis en ambos sistemas de riego. Para la obtención de las dosis de MgO, además del consumo anual y la eficiencia del uso de los fertilizantes, se ha tenido en cuenta que la relación K/Mg (expresados en meq. 100 g/suelo) en el bulbo debe mantenerse en un rango óptimo del 0,16 al 0,35 (Legaz, 1997). Para no afectar este equilibrio catiónico del suelo se ha considerado que ambos fertilizantes deberían aplicarse en una relación, expresada en meq, aproximadamente igual al límite superior del rango (0,35). La mayor parte de los suelos contienen cantidades considerables de Fe suficientes para atender las necesidades de los cultivos durante muchos años. Sin embargo, los estados deficitarios de Fe en los cítricos son, en la mayor parte de los casos, inducidos por las condiciones del suelo que favorecen la transición de los iones de Fe solubles a compuestos que no pueden ser absorbidos por la raíz.

Tabla 24.4. Dosis máxima anual estándar para cítricos en función del máximo desarrollo del arbolado para el marco típico de plantación de cada grupo de variedades

Grupo de variedades Marco plantación (m x m) Nº árboles/ha	Naranjos 6 x 4 416	Clementinos 5,5 x 4 454	Satsumas 4 x 2 1.250	Limones y Pomelos 7 x 5 285	
Dosis	(g/árbol)				kg/ha
N inundación	673	616	224	982	280
N goteo	577	528	192	842	240
P_2O_5 inundación	168	154	56	245	70
P_2O_5 goteo	192	176	64	280	80
K_2O	336	308	122	491	140
MgO	432	396	144	631	180
Fe inundación	3	2,8	1	4,4	1,25
Fe goteo	2,4	2,2	0,8	3,5	1

Optimización de la dosis anual estándar

Para realizar una buena planificación de la fertilización con el fin de corregir, por exceso o defecto, las cantidades indicadas, es conveniente disponer del análisis foliar, a fin de conocer el estado nutritivo de la plantación, del análisis de suelo, para evaluar la riqueza en elementos asimilables y aquellas características que pueden ser desfavorables o limitantes para el desarrollo del cultivo. También es muy adecuado disponer del análisis del agua de riego, con objeto de conocer el contenido en elementos nutritivos, así como la presencia de iones tóxicos para la planta. En la obtención de las dosis expuestas en la figura 24.1 se ha considerado que los niveles foliares son ópti-

Tabla 24.5. Niveles foliares de referencia de macro y micronutrientes en cítricos

		% (peso seco) *				
		Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Naranjos	N	<2,3	2,3-2,5	2,51-2,8	2,81-3	>3
	P	<0,1	0,1-0,12	0,13-0,16	0,17-0,2	>0,2
	K	<0,5	0,5-0,7	0,71-1	1,01-1,3	>1,3
Clementinos	N	<2,2	2,2-2,4	2,41-2,7	2,71-2,9	>2,9
	P	<0,09	0,09-0,11	0,12-0,15	0,16-0,19	>0,19
	K	<0,5	0,5-0,7	0,71-1	1,01-1,3	>1,3
Satsumas	N	<2,4	2,4-2,6	2,61-2,9	2,91-3,1	>3,1
	P	<0,1	0,1-0,12	0,13-0,16	0,17-0,2	>0,2
	K	<0,4	0,4-0,6	0,61-0,9	0,91-1,15	>1,15
Naranjos, Clementinos, Satsumas	Mg	<0,15	0,15-0,24	0,25-0,45	0,46-0,9	>0,9
	Ca	<1,6	1,6-2,9	3-5	5,1-6,5	>6,5
	S	<0,14	0,14-0,19	0,2-0,3	0,31-0,5	>0,5
		ppm (peso seco) *				
Naranjos, Clementinos, Satsumas	Fe	<35	35-60	61-100	101-200	>200
	Zn	<14	14-25	26-70	71-300	>300
	Mn	<12	12.25	26-60	61-250	>250
	B	<21	21-30	31-100	101-260	>260
	Cu	<3	3-5	6-14	15-25	>25
	Mo	<0,06	0,06-0,009	0,10-3,0	3,1-100	>100

* Niveles basados en la concentración de estos nutrientes en las hojas de la brotación de primavera de 7 a 9 meses de edad, procedentes de ramas terminales sin fruto.

mos y la concentración de nitrato y magnesio en el agua de riego es inferior a 50 y 10 mg/l, respectivamente. Las correcciones para optimizar la dosis anual estándar de N, P_2O_5, K_2O y MgO se exponen en los apartados siguientes.

Corrección por el análisis foliar

El análisis foliar es el procedimiento más adecuado para diagnosticar el estado nutritivo del arbolado, ya que informa sobre la absorción real de los nutrientes por la planta, muestra la presencia de estados carenciales o excesivos y sugiere la aparición de antagonismos entre nutrientes.

La tabla 24.5 muestra los valores foliares de referencia de diferentes estados nutritivos de varias especies de cítricos (Legaz y Primo-Millo, 1988; Legaz et al., 1995) y, además, permite evaluar las reservas disponibles en elementos móviles. Por tanto, las dosis expuestas en la figura 24.1 y las tablas 24.3 y 24.4 se corregirán multiplicándolas por los factores asignados a cada nivel foliar (tabla 24.6).

Tabla 24.6. Factores de corrección recomendados en riego a goteo según el análisis foliar*

Nivel foliar	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Factor N	1,5	1,4-1,1	1-0,9	0,8-0,6	0,5
Factor P_2O_5	2	1,9-1,1	1-0,6	0,5-0	0
Factor K_2O	2	1,9-1,1	1-0,7	0,6-0	0
Factor MgO	2	1,9-0,6	0,5-0	0-0	0
Factor Fe	2	1,9-1,1	1-0	0-0	0

* Los factores de corrección para cada nutriente se corresponden con los valores extremos de la concentración foliar para cada estado nutritivo. Para niveles foliares intermedios se aplicarán coeficientes proporcionales correspondientes.

Corrección de las dosis de nitrógeno según el contenido en NO_3^- en el agua de riego

En la tabla 3.1 se facilita un cuadro con la cantidad de nitrógeno aportado por el agua de riego en función de su contenido en nitratos y del caudal empleado.

Para un volumen de 5.000 m³/ha y un factor de eficiencia en la utilización del nitrógeno del agua de 0,6, en la tabla 24.7 se indican las aportaciones de nitrógeno por el agua en riego a goteo. Estas aportaciones se restarán de la dosis de nitrógeno a aplicar al cultivo.

Tabla 24.7. Aportación de nitrógeno por el agua en riego a goteo

Concentración de NO_3^-	kg N/ha
50	33,9
75	50,9
100	67,8
125	84,8
150	101,7

Corrección de las dosis de magnesio según el contenido en MgO en el agua de riego

Cuando el contenido en magnesio del agua sea superior a 10 mg/l, a las cantidades de Mg recomendadas, se restará el Mg suministrado por el agua (tabla 24.8). Como ya se ha indicado,

Tabla 24.8. Aportación de magnesio por el agua en riego a goteo

Concentración de Mg^{++} (ppm)	kg MgO/ha *
10	24,9
20	49,8
30	74,7
40	99,6
50	124,5
60	149,4

* Las cantidades indicadas se han obtenido para un volumen de riego de 5.000 m³/ha en árboles adultos y un factor de eficiencia en la utilización del Mg del agua del 0,6, así como un factor de insolubilización del Mg por el suelo del 0,5.

Árboles adultos de clementina de Nules en el cambio de color del fruto

cuando los valores de Mg sean muy elevados, habrá que realizar aportes de K para contrarrestar el efecto antagónico existente entre estos dos elementos.

Distribución estacional de la dosis estándar y la optimizada (épocas y momentos de aplicación)

La disposición de curvas de absorción estacional de nutrientes es un aspecto básico para establecer las épocas de abonado de los cítricos; sin embargo, existe escasa información al respecto. Primo-Millo y Legaz mediante el uso de los isótopos estables del N, han obtenido las curvas de absorción del N a lo largo del ciclo vegetativo en plantas jóvenes sin fructificación y en plantas adultas con fruto.

Con los resultados obtenidos en estos estudios y, considerando la dinámica de los nutrientes en la planta y el suelo, se ha establecido la distribución estacional de las dosis de N, P_2O_5, K_2O, MgO y Fe para riego a goteo para plantones y plantas adultas con diferente época de maduración (tablas 24.9 a 24.11). La distribución en riego por inundación fue establecida por Legaz y Primo-Millo (1988).

Tabla 24.9. Distribución mensual de los nutrientes sobre la dosis total en plantones (%)

Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
N			5	5	10	15	20	20	15	10		
P_2O_5			5	10	15	15	15	15	15	10		
K_2O			5	5	10	15	20	20	15	10		
MgO			10		20		40		30			
Fe			10		30		30		30			

Tabla 24.10. Distribución mensual de los nutrientes sobre la dosis total en variedades tempranas (%)

Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
N			5	10	15	22	18	15	10	5		
P_2O_5			5	10	15	15	15	15	15	10		
K_2O			5	10	10	10	20	20	20	5		
MgO			10		30		40		20			
Fe			20		30		30		20			

Tabla 24.11. Distribución mensual de los nutrientes sobre la dosis total en variedades tardías (%)

Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
N			5	10	15	15	20	15	10	5	5	
P_2O_5			5	10	15	15	15	15	15	5	5	
K_2O			5	10	10	10	15	15	15	10	10	
MgO			10		25		35		30			
Fe			20		30		25		25			

Tabla 24.12. Ejemplo de corrección de dosis de abono a aplicar en función del análisis foliar

Elemento	Nivel foliar (% peso seco o ppm)	Estado nutritivo	Dosis anual estándar (g/árbol)	Factor corrección*	Dosis optimizada (g/árbol)
N	2,9	alto	530	0,7	371
P_2O_5	0,1	bajo	153	1,6	245
K_2O	1,15	alto	288	0,3	86
MgO	0,2	bajo	392	1	392
Fe	80	óptimo	2,16	0,25	0,54

* Corrección de acuerdo a Quiñones et al. (2007) y Legaz et al. (2008).

Forma en que se aportan los elementos nutritivos

En suelos calizos, el nitrógeno se aportará en forma amoniacal durante la primavera y nítrico-amoniacal o nítrica durante el verano y otoño. El fósforo se aplicará en riego por inundación a través de abonos complejos, ternarios o binarios (fosfato diamónico) y en riego por goteo igualmente a través de abonos complejos solubles ternarios o binarios (fosfato monoamónico) o fertilizantes simples fosfatados (ácido fosfórico). El potasio se suministrará en riego por inundación a través de abonos complejos, ternarios o binarios, o fertilizantes simples potásicos (sulfato potásico), y en riego por goteo, igualmente a través de abonos complejos solubles ternarios o binarios (NK) o fertilizantes simples potásicos (solución potásica). El hierro se aportará en forma de quelato por vía suelo. El zinc, manganeso, boro, cobre y molibdeno serán aportados por vía foliar o, preferentemente, vía suelo para el zinc y el manganeso, en el caso de que se disponga de la forma quelatada.

Árbol adulto de clementina de Nules en plena floración.

En suelos ácidos, el nitrógeno se suministrará con las mismas formas que en suelos calizos, pero con el catión Ca^{++} incorporado. El fósforo se aportará como superfosfato de cal en inundación y como fosfato monoamónico en goteo. Para aportar el potasio y magnesio se utilizarán las mismas fuentes que en los calizos. El hierro, zinc, y manganeso pueden aportarse como sulfato o nitrato preferentemente por vía suelo. El resto de micronutrientes se suministrarán como en los suelos calizos.

CONSEJOS PRÁCTICOS DE ABONADO

En la tabla 24.12 se expone el resultado de un análisis foliar de un naranjo adulto con un diámetro de copa de 4 m (12 años) y la optimización de la dosis anual estándar en función de los factores de corrección (tabla 24.6) en riego a goteo.

FERTICIT: Un sistema de ayuda a la decisión en la programación de fertirriego en cítricos, desarrollado en el IVIA

En la siguiente dirección: http://www.ivia.es/deps/otri/SW_OTRI.htm, se presenta un programa que permite calcular las dosis de abono y cuando aplicarlas. El sistema permite ajustar las necesidades específicamente a cada plantación teniendo en cuenta factores como edad, marco, tamaño o método de riego, y si los hubiese, los valores analíticos de suelo, agua y hojas.

Para ampliar la información de aspectos citados en relación con la fertilización de los cítricos se puede consultar la bibliografía siguiente: Legaz y Primo-Millo (1988), Legaz et al. (1995), Quiñones et al. (2005), Quiñones et al. (2007) y Legaz et al. (2008).

Bibliografía

- Agustí, M., 2003. Caracterización botánica y agronómica. En: Citricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Davies, FS.; Albrigo, LG., 1999. Cítricos. Ediciones Acribia. Zaragoza, España.
- Estruch, V., 2007. La citricultura española. Evolución y perspectivas de futuro. En: Agricultura Familiar en España 2007. 126-140 [en línea]. Disponible en internet: http://www.upa.es/anuario_2007/pag_126-140_estruch.pdf.
- Legaz, F., 1997. Determinación de la dosificación de abonado en los cítricos. Actas de Horticultura (SECH), 1: 285-293. I Congreso Ibérico y III Nacional de Fertirrigación. Mayo, 1997, Murcia.
- Legaz, F.; Primo-Millo E., 1988. Normas para la fertilización de los agrios. Serie Fullets Divulgació nº 5-88. Consellería d´Agricultura i Pesca. Generalitat Valenciana, 29 pp.
- Legaz, F.; Serna M.S.; Ferrer, P.; Cebolla, V. y Primo-Millo, E., 1995. Análisis de hojas, suelos y aguas para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. Procedimientos de toma de muestras. Servicio de Transferencia de Tecnología Agraria. Consellería d´Agricultura, Pesca i Alimentació. Generalitat Valenciana. 26 pp.
- Legaz, F., Quiñones, A.; Martínez-Alcántara, B.; y Primo-Millo, E., 2008. Fertilización de los cítricos en riego a goteo (II): Mg y microelementos. Levante Agrícola, 390: 8-12.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2007. Anuario de estadística agroalimentaria y pesquera [en línea] Disponible en internet: http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/introduccion.htm.
- Ortiz, JM., 1985. Nomenclatura botánica de los cítricos. Levante Agrícola, 259-260: 71-81.
- Quiñones, A.; Cadahia, C.; Legaz, F.; Sentis, JA.; Eymar, E., 2005. Fertirrigación racional de los cítricos. En: Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. C. Cadahía (ed). 3ª Ed. Mundi Prensa. Madrid, España.
- Quiñones, A.; Martínez-Alcántara, B.; Primo-Millo, E. y Legaz, F., 2007. Fertilización de los cítricos en riego a goteo (I): N, P y K. Levante Agrícola, 389: 380-385.
- Soler, J., 1999. Reconocimiento de variedades en campo. Generalitat Valenciana. Serie de Divulgación Técnica nº 43. Valencia, España.
- Swingle, WT., 1967. The Botany of Citrus and its wild relatives. In: The Citrus Industry, vol 1. Reuther, W; Batchelor, LD; Webber, HJ (eds): Univ. Calif., Div. Agr. Sci., California, EEUU.

25 ABONADO DE LOS FRUTALES CADUCIFOLIOS

José Luis Espada Carbó
Ingeniero Técnico Agrícola
Centro de Transferencia Agroalimentaria
Departamento de Agricultura y Alimentación
Gobierno de Aragón

CONSIDERACIONES GENERALES

Las nuevas exigencias del mercado y las cada vez más estrictas normativas medioambientales nos obligan a producir con criterios de calidad, homogeneidad y control. Obviamente, esto hay que hacerlo compatible con un concepto clave en agricultura: la rentabilidad.

En cuanto a la fertilización, para la toma de decisiones necesitamos herramientas que nos aporten información práctica, precisa y real de lo que acontece en el sistema suelo-planta-agua a lo largo del ciclo fenológico. Mediante este conocimiento, seremos capaces de tener un mayor control del medio, lo que en última instancia nos proporcionará una optimización de costes, mayor eficiencia en la producción, mayor calidad de nuestras cosechas y menor contaminación.

Importancia del cultivo de frutales en España

En España la mayor superficie cultivada de fruta dulce corresponde a las especies de melocotonero, cerezo, manzano, peral, albaricoquero y ciruelo. El almendro ocupa un lugar destacado por su amplia superficie cultivada, aunque más del 90% se cultiva en secano, con producciones muy bajas (tabla 25.1).

De todos estos cultivos se detalla su fertilización en la presente Guía, con especial atención al uso del nitrógeno por sus implicaciones sobre la calidad de la cosecha y sobre el medioambiente.

Tabla 25.1. Distribución de las superficies de frutales en España (ha). Año 2007

Especies	Superficie	%
Melocotonero	73.756	35,9
Cerezo	33.681	16,4
Manzano	33.235	16,2
Peral	27.854	13,5
Albaricoquero	19.155	9,3
Ciruelo	17.970	8,7
Total Fruta Dulce	**205.651**	**100,0**
Almendro	585.974	-

Fuente: Elaboración propia con datos MARM (ESYRCE-2008)

En las tablas 25.2 y 25.3 se indica la distribución de las superficies de cultivo por Comunidades Autónomas. La fruta dulce española se cultiva fundamentalmente en Cataluña, Aragón y Murcia, que abarcan más del 60% de la superficie total. En cuanto al almendro, la mayor superficie la ocupan Andalucía, Murcia, C. Valenciana y Aragón, con un 73% del total.

Tabla 25.2. Distribución de las superficies de frutales por CC.AA. (ha). Año 2007

CC.AA.	Superficie	%
Cataluña	47.935	23,3
Aragón	47.103	22,9
Murcia	30.263	14,7
Extremadura	19.021	9,3
C. Valenciana	17.559	8,5
Andalucía	15.514	7,5
Resto CC.AA.	28.256	13,6
TOTAL ESPAÑA	**205.651**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia con datos MARM (ESYRCE-2008)

Tabla 25.3. Distribución de la superficie de almendro por CC.AA. (ha). Año 2007

CC.AA.	Superficie	%
Andalucía	145.354	24,8
Murcia	102.260	17,5
C. Valenciana	95.686	16,3
Aragón	84.800	14,5
Castilla - La Mancha	55.069	9,4
Cataluña	52.843	9,0
Baleares	29.843	5,1
Resto CCAA	20.119	3,4
TOTAL ESPAÑA	**585.974**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia con datos MARM (ESYRCE-2008)

Exigencias de clima y suelo

Los requisitos generales de clima para los árboles frutales son los siguientes:

- Las temperaturas invernales no deben ser tan bajas que causen la muerte de las plantas.
- El invierno debe ser lo suficientemente frío para satisfacer las necesidades de las yemas para salir del reposo.
- El periodo de crecimiento (nº de días libres de heladas) debe ser lo suficientemente amplio para que maduren los frutos.
- La temperatura y la luz durante el periodo de crecimiento deben ser adecuadas para la variedad de la especie en cuestión, de forma que se obtengan frutos de buena calidad.
- Disponibilidad de recursos hídricos suficientes para satisfacer las necesidades de las plantas.

En un área determinada, las condiciones varían con la altitud y la cercanía a grandes masas de agua que pueden alterar no solo el régimen de temperaturas, sino también la intensidad luminosa, la calidad de la luz y la temperatura diurna. A estas condiciones debe adaptarse la variedad de la especie elegida.

A la hora de hacer una plantación de frutales se debe hacer una revisión cuidadosa de los factores que se relacionan, para determinar si algún factor limitante grave se presenta como característica "inherente" de la plantación:

- Localización geográfica.
  - Clima invernal.
  - Clima en periodo de crecimiento.
- Emplazamiento (elección de parcela).
  - Viento y riesgo de heladas.
- Tipo de suelo, profundidad y drenaje.
  - Especies y cultivares a plantar.
- Patrones.
  - Control del crecimiento.
  - Eficiencia productiva.
  - Resistencia a factores bióticos y abióticos.
- Diseño de plantación.
  - Marco.
  - Forma y volumen de copa.

ITINERARIO DE LA FERTILIZACIÓN

Para establecer un plan de fertilización, en primer lugar necesitamos conocer las necesidades de los árboles, luego las de la plantación y finalmente, con los datos anteriores más los correspondientes al suelo y al agua de riego, estaremos en condiciones de calcular las necesidades totales de fertilizantes, que conforman el plan de fertilización.

- Necesidades de los árboles: las necesidades de los árboles son la suma de las exportaciones netas del cultivo (frutos), más las exportaciones de las hojas y madera de poda, y las cantidades inmovilizadas en los órganos de reserva de los árboles.
- Necesidades de la plantación: corresponden a la suma de las necesidades de los árboles, las de la hierba de cobertura de la parcela y las correspondientes a las pérdidas de algunos elementos por lixiviación, volatilización, reorganización, desnitrificación y fijación por el suelo.
- Necesidades totales de fertilizantes (Plan de fertilización): serán la suma de necesidades de la plantación, menos las aportaciones del suelo y del agua de riego.

NECESIDADES DE FERTILIZANTES

Para facilitar el cálculo de las necesidades, realizamos en primer lugar las correspondientes al fósforo y potasio, efectuando en último lugar las del nitrógeno.

Fósforo y Potasio

En la Parte I de la Guía, en los capítulos que tratan de la fertilización fosfatada y potásica, se insertan las tablas interpretativas de los contenidos de los suelos en fósforo (tabla 10.1) y potasio (tabla 11.1), en función de la textura. Por tanto, a ellas nos referimos cuando hablamos en frutales de contenido bajo, medio y alto de P y K de los suelos.

- Fase de pre-plantación. En suelos con niveles de fósforo y potasio bajos, se deberán aportar como máximo, en la preparación del suelo y antes de plantar, las siguientes cantidades:
  - 50 kg P_2O_5/ha.
  - 350 kg K_2O/ha.

- Fase de árboles en formación. Las aportaciones máximas que se deben aplicar en esta fase son:
  - Año 1º: 10 kg P_2O_5/ha y 20 kg K_2O/ha.
  - Año 2º: 15 kg P_2O_5/ha y 40 kg K_2O/ha.

En caso de que se prolongue la fase de formación de los árboles, las dosis del año segundo no deben ser superadas.

- Fase de árboles en producción. El abonado de los árboles en esta fase debe ser definido sobre la base de los valores indicados en la tabla 25.4.

Tabla 25. 4. Cantidades de fósforo y potasio exportadas por los árboles de la plantación

Cultivo	Exportaciones totales (kg P_2O_5/t de fruto)	Exportaciones totales (kg K_2O/t de fruto)
Melocotonero-Nectarina	1,71	3,84
Cerezo	1,32	3,06
Manzano	0,80	2,69
Peral	0,73	2,78
Albaricoquero	1,32	5,68
Ciruelo	0,69	3,30
*Almendro	12,0	47,0

*Almendra en cáscara

En cualquier caso, las cantidades anuales aportadas al cultivo de estos nutrientes no deben sobrepasar los límites que se indican en la tabla 25.5.

Tabla 25.5. Cantidades máximas anuales que deben aportarse de fósforo y potasio

Nivel de fósforo y potasio en suelo	Aporte de fósforo y potasio en el abonado
Bajo	Las exportaciones totales de los árboles x 1,5
Medio	Solo las exportaciones totales de los árboles
Alto	El 50% de las exportaciones totales de los árboles
Muy Alto	Ninguna aportación

Ejemplo:

Calcular las necesidades de fósforo y potasio para fertilizar una hectárea de melocotoneros adultos con 25.000 kg/ha de producción. El suelo del cultivo es franco y tiene un contenido medio en fósforo y potasio.

Solución:

- Exportaciones de los árboles adultos (tabla 25.4):
  - 25 x 1,71 = 42,7 kg P_2O_5/ha
  - 25 x 3,84 = 96,0 kg K_2O/ha
- Como los resultados del análisis de suelo indican que los niveles de ambos elementos son medios (tabla 25.5), solo consideramos las exportaciones anteriormente reseñadas como necesidades de fósforo y potasio.

Detalle del fruto del cerezo

Nitrógeno

El cálculo de la cantidad de nitrógeno (N) que se debe aportar al suelo se obtiene de la realización de un balance entre las cantidades exportadas por el cultivo, más la hierba de cobertura del suelo y las aportadas por el suelo y el agua de riego.

Exportaciones o salidas de nitrógeno

- Necesidades de árboles jóvenes. En árboles en periodo de formación las exportaciones son las que figuran en la tabla 25.6.

Tabla 25.6. Estimación de la evolución de extracciones de nitrógeno en el proceso de formación del árbol (kg N/ha)

Especie	Año-1	Año-2	Año-3 y sucesivos hasta alcanzar plena producción
Melocotonero	20	35	50 + 1,3 kg N/t de fruto
Cerezo	20	35	50 + 1,3 kg N/t de fruto
Manzano	20	35	50 + 0,6 kg N/t de fruto
Peral	20	35	50 + 0,7 kg N/t de fruto
Albaricoquero	20	35	50 + 1,2 kg N/t de fruto
Ciruelo	20	35	50 + 0,9 kg N/t de fruto
*Almendro	20	35	50 + 34 kg N/t de fruto

*Almendra en cáscara

- Necesidades de árboles adultos. Las exportaciones netas, expresadas en kg N/t de fruto producido, engloban las necesidades para la producción de frutos y el crecimiento de hojas, ramas, tronco y raíces (tabla 25.7).
- Necesidades de la hierba de cobertura del suelo (pradera). Los dos primeros años de establecimiento de la cubierta hay que incorporar anualmente al suelo las siguientes cantidades de nitrógeno:
  - Pradera polífita (<10% leguminosas): 45 kg N/ha.
  - Pradera polífita (10-20% leguminosas): 35 kg N/ha.
  - Pradera polífita (>20% leguminosas): 25 kg N/ha.

Tabla 25.7. Extracciones netas de nitrógeno por los árboles

Cultivo	Coef. Extrac. Total (kg N/t de fruto)	Residuo %	Extrac. neta. %	Coef. Extrac. Neta (kg N/t de fruto)
Melocotonero	4,8	27,5	72,5	3,5
Cerezo	8,0	25,5	74,5	6,0
Manzano	3,8	32,9	67,1	2,5
Peral	3,8	32,9	67,1	2,5
Albaricoquero	5,1	27,5	72,5	3,7
Ciruelo	4,8	27,5	72,5	3,5
*Almendro	48,0	29,7	70,3	33,7

*Almendra en cáscara

A partir del 2º año, en la mayor parte de las coberturas con especies propias de la parcela, las exportaciones netas oscilan entre 30-35 kg N/ha y año.

Aportaciones o entradas de nitrógeno

- Aportaciones del suelo. La mineralización del nitrógeno orgánico del suelo (incluyendo residuos vegetales y abonos orgánicos) depende para una determinada plantación, principalmente, de los residuos del cultivo (madera de poda, hojas) y de la textura del suelo.

En el capítulo 4 se incluye la tabla 4.2 que refleja las cantidades de nitrógeno mineralizado en distintos tipos de suelo, según la textura.

- Aportaciones de nitrógeno por el agua de riego. Las aportaciones dependen del contenido de nitrógeno en el agua utilizada a lo largo del periodo de riego del cultivo. En el capítulo 3 se incluye la tabla 3.1 con la cantidad de nitrógeno (kg/ha) aportado con el agua de riego según el consumo de agua utilizado en el cultivo y su contenido en nitrato. Actualmente hay medidores portátiles, relativamente económicos, que permiten determinar fácilmente el contenido de nitratos en el agua de riego.

Ejemplo de cálculo de necesidades de nitrógeno del cultivo:

Calcular las necesidades de nitrógeno por hectárea, para una plantación de melocotoneros de 8 años de edad, cultivados en un suelo franco con un 1,5% de materia orgánica. El suelo, desde hace 4 años, se mantiene desnudo en la zona sombreada por las copas y con hierba que se tritura en el centro de las calles. La producción prevista es de 25.000 kg/ha y los consumos de agua de riego, con un contenido medio de nitratos de 5 mg/l, se estiman en 6.000 m³/ha y año.

Detalle del fruto de la higuera

Solución:

A Salidas de Nitrógeno (kg N/ha):
- Extracciones de los árboles (tabla 25.7): 25 x 3,48 87,0
- Extracción de la hierba para cobertura del suelo 35,0
- Total salidas 122,0

B Entradas de Nitrógeno (kg N/ha):
- Aportación MO del suelo (tabla 3.1)..33,0
- Aportación agua de riego (tabla 2.1) ..6,8
- Total entradas 39,8

C Balance (A - B): 82,2 kg N/ha.

Necesidades totales de fertilizantes por especies

En la tabla 25.8 se indica el abonado medio recomendado para las distintas especies de fruta dulce y el almendro, calculado en condiciones iguales a las del melocotonero de los ejemplos anteriores.

En la tabla 25.9 se especifica la distribución de las necesidades totales de nutrientes del cultivo en cada fase o período de desarrollo.

En riego localizado, la aplicación conjunta del agua de riego y los nutrientes (fertirrigación), permite fraccionar la cantidad total de nutrientes en 150-200 aportaciones durante la campaña.

Tabla 25.8. Abonado recomendado para distintas especies de fruta dulce y almendro (kg/ha)

Especie	Producción esperada (kg/ha)	N	P_2O_5	K_2O
Melocotonero	25.000	85	45	95
Cerezo	10.000	55	15	30
Manzano	40.000	100	35	110
Peral	30.000	75	25	85
Albaricoquero	20.000	70	25	115
Ciruelo	20.000	65	15	65
*Almendro	2.500	80	30	120

* Almendra en cáscara

ÉPOCAS PARA APLICAR LOS FERTILIZANTES

En lo que concierne al nitrógeno, se ha establecido un consenso en los siguientes puntos:

- Las necesidades cruciales para la floración son cuantitativamente modestas, y pueden mayoritariamente ser cubiertas por las reservas del árbol (ciclo interno del nitrógeno).
- A partir de la fase floración-cuajado, las necesidades crecen regularmente con y para el desarrollo de brotes y frutos.
- Después de la parada del crecimiento significativo de brotes (mediados de julio-final) las necesidades se estacionan y bajan después de la recolección.
- Al final de la estación vegetativa y notablemente después de la recolección, las necesidades de nitrógeno almacenadas bajo forma orgánica en los órganos de reserva del árbol (raíz, tronco, ramas), se deben satisfacer por las razones expresadas en el primer punto.

PRÁCTICA DE LA FERTILIZACIÓN

Una vez que se conocen mejor las cantidades y el calendario de las aportaciones de nutrientes, hace falta saber en qué lugar conviene aplicarlos, bajo qué forma y con qué tipo de fertilizantes.

En plantaciones jóvenes, la hierba de cobertura tiene necesidades importantes, mientras que en los árboles son menores. La localización de distintas dosis de abonos en bandas específicas, es entonces muy eficaz. En el caso de riegos localizados, es posible aplicar periódicamente los abonos a través del agua de riego, lo que permite posicionarlos mejor a lo largo de toda la zona del suelo explorada por las raíces.

Tabla 25.9. Distribución temporal de las necesidades de nutrientes del cultivo (%)

Fases	N	P_2O_5	K_2O
Brotación-Cuajado fruto	15-25	25-35	5-15
Cuajado-Fin crecimiento brotes y frutos	65-45	65-50	85-70
Recolección-Inicio caída hoja	20-30	10-15	10-15

Los tipos de abonos con los que se aportan los nutrientes deben estar en función del equipo de distribución, tipo de riego y del clima.

Especiales precauciones deben tenerse en cuenta en la utilización de los fertilizantes nitrogenados, para evitar al máximo las posibles pérdidas que pudieran ocasionarse.

VIGILANCIA DEL ESTADO NUTRICIONAL DE LOS ÁRBOLES

Durante la vida de la plantación es deseable evaluar periódicamente los niveles de elementos minerales en el suelo y en el árbol.

La regularidad del control facilita la puesta al día de tendencias. Éstas, muestran al fruticultor el efecto en el tiempo de las prácticas culturales, más allá de la simple acción de regar o fertilizar.

Análisis de suelo

Se realizará por un laboratorio especializado sobre una muestra representativa de la parcela. La periodicidad y los componentes a determinar serán:

- Cada 3-5 años: textura, capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH, materia orgánica, carbonato cálcico.
- Cada año: conductividad, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Análisis de material vegetal (hojas)

Para las distintas especies de frutales, se utiliza el análisis mineral de hojas como elemento de diagnóstico y control. Para obtener referencias fiables de un año para otro, tanto el tipo de ramo, hoja y su situación, el número de árboles muestreados y la fecha de toma de muestras, deben ser escrupulosamente respetados (tabla 25.10).

Frutos a punto de recogerse

Como este tipo de análisis hay que realizarlo en una fase avanzada del crecimiento de ramos y frutos, los resultados únicamente son aplicables para corrección de las aportaciones finales y del abonado global del año siguiente.

En función de los resultados de los análisis de muestras de hojas, y para aplicar las oportunas correcciones sobre las cantidades de cada elemento mineral aportado el año anterior, se pueden utilizar como referencia los niveles adecuados de elementos minerales en hoja que para las distintas especies figuran en la tabla 25.11. No obstante, lo ideal sería disponer de tablas específicas para las distintas variedades de cada área de producción y utilizar algún método que permita calcular, de forma sencilla, las correcciones de nutrientes que debemos aportar en el siguiente plan de fertilización.

Tabla 25.10. Épocas de muestreo de hojas en frutales

Especie	Época de muestreo
Albaricoquero, melocotonero	A 105 días del estado F2
Cerezo	En recolección o 45 días después de F2
Ciruelo	Unos 70 días después de F2
Manzano y peral	Unos 75 días después de F2

F2= 50-60% de flores abiertas

Fuente : Soing P. et al. (1999)

Tabla 25.11. Niveles críticos de elementos minerales en hoja de árboles frutales caducifolios

Especie	% sobre materia seca de hoja								ppm sobre materia seca de hoja			
	Nitrógeno (N)		Potasio (K)		Magnesio (Mg)	Calcio (Ca)	Cloro (Cl)	Sodio(Na)	Boro (B)			Zinc (Zn)
	Defic. <	Adec. >	Defic. <	Adec. >	Adec. >	Adec. >	Exce. >	Exce. >	Defic.<	Adec. >	Exce.>	Defic. <
Manzano	1,9	2-2,4	1	1,2	0,25	1	0,3	-	20	25-70	100	14
Albaricoquero	1,8	2-2,5	2	2,5	-	2	0,2	0,1	15	20-70	90	12
*Cerezo	-	2,5-2,8	0,9	1,75-2	0,25-0,4	1,5-2	-	-	20	-	-	10
Melocotonero	2,3	2,4-3,3	1	1,2	0,25	1	0,3	0,2	18	20-80	100	15
Peral	2,2	2,3-2,8	0,7	1	0,25	1	0,3	0,25	15	21-70	80	15
Ciruelo	-	2,3-2,8	1	1,1	0,25	1	0,3	0,2	25	30-60	80	15
Higuera	1,7	2-2,5	0,7	1	-	3	-	-	-		300	-

Adaptado de K. Uriu, J. Beutel, O. Lilleland y C. Hansen-Dept. de Pomología, UC-Davis.
*Adaptado de Huguet C., Ctifl-1990.

Fuente : Sparcks B., FRUIT GROWER (Abril 2001)

Resumen final

El análisis del suelo permitirá conocer el estado de los elementos minerales en el mismo, y el análisis de hojas permite revelar la forma que el árbol los utiliza en función de las condiciones de cultivo.

El conocimiento de ambos, permitirá:

- Ajustar la fertilización.
- Prevenir situaciones de fuertes desequilibrios.
- Conservar el árbol con un elevado potencial de producción de calidad durante su vida útil.
- Reducir los problemas de contaminación por nitratos.

Realizados todos los años, permiten a medio plazo, seguir tendencias y reajustar la fertilización.

Bibliografía

- Aznar, Y.; Cortés, E.; Blanco, A.; Val, J., 2002. Estudio de la composición mineral de la flor y su relación con los nutrientes en fruto y hoja de manzano. IX Simposio Ibérico sobre Nutrición Mineral de las Plantas. Zaragoza (España),57-60.
- Casero, T.; Racasens, I.; Xuclà, F., 2003. Relaciones entre nutrientes en hojas, frutos y calidad de las manzanas. I Congreso Iberoamericano de Nutrición Vegetal. Fertilización, rentabilidad y medio ambiente. Barcelona (España). ED: Agrolatino.23-26.
- Decous, S.; Robin, D.; Darwis, D.; Mary, B., 1995. Soil inorganic N availability: effect on maize residue decomposition. Soil Biology and Biochemistry 27(12),pp 1529-1538.
- De Jong, T.M., 1998. Using organ growth potentials to identify physiological and horticultural limitations to yield. Acta Hort.,465:293-302.
- Huguet, C.,1988. Fertilisation: Evolution des connaissances. L´Arboriculture Fruitiere 406, Mayo, p.14-16.
- Mandrin, J.F.; Soing, P.,1992. Nutrition du pêcher, incidence de l´equilibre alimentaire sur la qualité. Infos Ctifl nº 81,1992.
- Rosecrance, R.C.; Jonson, R.S.; Weinbaun, S.A., 1998. Foliar uptake of urea-N by nectarine leaves. A reassessment. Hort. Science, 33(1), pp.158.
- Sanz, M.; Val, J.; Monge, E.; Montañes, L.,1995. Is it possible to diagnose the nutritional status of peach trees by chemical analisys of their flowers?. Acta Horticulturae.383: 159-163.
- Sanz, M.; Montañés, L.,1995. Floral analysis: a novel approach for the prognosis of iron deficiences in pear (Pyrus communis L.) and peach (Prunus persica L. Bastsch). En J. Abadia (Ed.) Iron nutrition in Soils and plants: Kluwer academic Pubs.371-374.

26 ABONADO DEL VIÑEDO

Enrique García-Escudero Domínguez
Doctor Ingeniero Agrónomo
Jefe del Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agroalimentario de la Rioja

CONSIDERACIONES GENERALES

Clasificación botánica

La vid pertenece a la familia de las Vitáceas. Las plantas de esta familia son arbustos trepadores a modo de lianas, de tallo frecuentemente sarmentoso, que presentan zarcillos opuestos a las hojas. Comprende diecinueve géneros, entre los que podemos destacar al género *Vitis*, originario de las zonas cálidas o templadas del Hemisferio Norte (América, Europa y Asia), en el que se incluyen las variedades cultivadas que habitualmente manejamos, destacando la especie *V. vinifera L.* propia de Europa y Asia occidental, con cerca de diez mil variedades.

Racimos de uva en el momento de la recolección

Exigencias edáficas y climáticas

Suelo

La vid es una planta de gran rusticidad, con amplia adaptabilidad a la mayor parte de los terrenos de uso agrícola. No obstante, caben destacar tres factores que pueden ser limitantes para su cultivo: la salinidad, el exceso de caliza y los niveles elevados de arcilla.

Clima

Desde un punto de vista climático, la vid es una planta propia de climas atemperados, situación que le permite atravesar por un periodo de actividad vegetativa y otro de reposo invernal. Los límites habituales de cultivo de la vid en el hemisferio Norte se encuentran en la franja comprendida entre 34º y 49º de latitud, que abarca toda la Península, y la mayor parte de las islas. El llamado "cero vegetativo", temperatura a partir de la cual se observa actividad, se sitúa en un valor medio de 10 °C. El intervalo de temperaturas 20-25 °C resulta óptimo para los procesos

de crecimiento, agostamiento y maduración. Por encima de los 42 °C, se producen desecamientos y quemaduras de hojas y racimos. Las precipitaciones y su distribución juegan un papel crucial en el cultivo de la vid, ya que al tratarse por regla general de un cultivo de secano, constituyen prácticamente el único aporte de agua.

Importancia del cultivo de la vid en España

El cultivo de la vid se orienta fundamentalmente a la elaboración de vino y la producción de uva para su consumo en fresco y pasa, sin olvidar la obtención de mosto y de alcoholes vínicos para la elaboración de aguardientes y licores. En la tabla 26.1 se recogen datos sobre la superficie y los rendimientos del viñedo en España, según el destino de la producción. Dicho cuadro ha sido elaborado a partir de información obtenida del MARM (2008).

A pesar de que ha aumentado el rendimiento medio por ha, y de que se trata del primer país del mundo en superficie vitícola, España sigue ocupando el tercer lugar en producción mundial, por detrás de Francia e Italia. Esta aparente paradoja se explica fundamentalmente por sus limitaciones climáticas, especialmente la pluviometría. En la actualidad, el 82% del viñedo se cultiva en secano. Por otra parte, el 98% de la superficie vitícola se dedica a la producción de uva de vinificación, repartiéndose al 50% la producción de vinos blancos y de vinos tintos y rosados. Con más de setenta denominaciones de origen, la producción de vinos de calidad supone el 60% del volumen total. El consumo de vino se encuentra alrededor de los 30 litros por habitante y año.

NECESIDADES NUTRICIONALES

Papel de los elementos nutritivos

Además del C, H y O que representan casi el 95% de la materia seca, se consideran elementos esenciales para la vid el N, P, K, Ca, Mg y S entre los macroelementos, y Mo, Cu, Mn, B, Zn, Fe y Cl dentro de los oligoelementos. Independientemente del papel general que juegan los diferentes elementos, citaremos algunos aspectos relacionados con la vid.

El **nitrógeno** mejora el crecimiento y la capacidad productiva de la cepa, favoreciendo el desborre, la tasa de cuajado y el proceso de inducción floral.

El **fósforo** participa en los sistemas de almacenamiento y transferencia de energía y azúcares. Es considerado como factor de crecimiento de brotes y raíces. Una buena alimentación de P puede frenar la absorción excesiva de N, mejorando la resistencia a las enfermedades y a la sequía.

Tabla 26.1 Superficie y rendimientos del viñedo en España, según el destino de la producción. Año 2007

Destino de la producción		Superficie (ha)	Producción* (t)	Rendimiento (kg/ha)
Uva de vinificación	Secano	918.236	4.323.055	4.708
	Regadío	190.959	1.839.508	9.633
	Total	1.109.195	6.162.563	14.341
Uva de mesa	Secano	3.532	10.758	3.046
	Riego	15.913	262.008	16.465
	Total	19.445	272.766	19.511
Uva de pasificación		2.042	5.105	2.500
Viveros		633	-	-

* Producción estimada a partir de la superficie y del rendimiento por ha.

Fuente: MARM, Anuario de Estadística (2008)

Tabla 26.2. Exportaciones de macroelementos: hojas, racimos y sarmientos (kg/ha)

Referencia	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
Media	52 (20-70)	16 (7-25)	60 (30-70)	73 (50-120)	15 (10-25)

El **potasio**, elemento de gran movilidad, desarrolla un papel destacado en la síntesis, traslocación y acumulación de azúcares en las bayas y partes vivaces. Interviene en la neutralización de los ácidos orgánicos, jugando un importante protagonismo en la acidez y el pH del mosto y del vino. Participa en la economía del agua, favoreciendo su absorción por las raíces y controlando los mecanismos de apertura y cierre de estomas.

El **calcio** participa en la activación de enzimas del metabolismo de glúcidos y proteínas, y mantiene el equilibrio ácido-base.

El **magnesio** favorece el transporte y acumulación de azúcares. Junto a K y Ca, contribuye al mantenimiento del balance iónico celular y a la neutralización de los ácidos orgánicos de la uva y del mosto.

El **manganeso** influye positivamente en la fertilidad de las yemas, en la tasa de cuajado y en la síntesis de clorofila. En ciertas regiones vitícolas, se asocia al bouquet del vino.

Viñedo en bancales

El **boro** favorece los fenómenos de fecundación y de cuajado, e interviene en el transporte de azúcares.

El **zinc** muestra un efecto positivo en el cuajado, la maduración y el agostamiento.

Exportaciones y ritmo de absorción

Desde un punto de vista nutricional, la vid se caracteriza por un ritmo regular de absorción de elementos minerales a lo largo del ciclo, ausencia de períodos críticos y por unas necesidades relativamente moderadas de elementos. Para centrar las necesidades de la vid, la tabla 26.2 refleja las exportaciones medias de los principales macroelementos (kg/ha), expresadas como composición mineral de los órganos renovables de la planta, es decir, de hojas, racimos y sarmientos. Las exportaciones consideradas pueden verse incrementadas en un 10-15% en concepto del material vegetal exportado no presente en el momento de vendimia (despunte, desniete, deshojado, etc.) y de los elementos que participan de las reservas de troncos y raíces.

La absorción mineral de la vid abarca fundamentalmente el período comprendido entre la brotación y el envero. Prácticamente el 100% de N y K, y más del 90% de P, han sido absorbidos en el envero. Las necesidades más importantes surgen de forma escalonada durante el período de crecimiento activo, coincidiendo con el desarrollo de la baya en su Fase I, y en el caso del K durante la maduración, cuando los racimos y bayas se convierten en los principales sumideros. La redistribución de las re-

servas acumuladas en las partes vivaces, aunque no llega a compensar las necesidades de la planta, juega un papel muy importante en el balance nutricional, sobre todo en dos fases del ciclo anual: el inicio de crecimiento, especialmente para N, y durante el desarrollo de la baya, sobre todo a lo largo de la Fase III, maduración.

Desequilibrios nutricionales

Entre los desequilibrios nutricionales más relevantes en el viñedo, destacaremos:

Exceso de nitrógeno

En el marco de una viticultura de calidad, el exceso de N se ha convertido en uno de sus mayores inconvenientes. La consecuencia principal del exceso de nitrógeno es el aumento del vigor. Tal circunstancia supone una mejora de la fertilidad de las yemas y un aumento del peso de la baya y del racimo, lo que unido a la tentación de aumentar la carga en la poda como consecuencia del incremento del vigor, elevan considerablemente los rendimientos. Por otro lado, conduce a un deterioro del microclima de hojas y racimos, y a la estimulación del crecimiento vegetativo, dificultando así los procesos de agostamiento y maduración de la uva, con consecuencias negativas en la calidad.

Plantación joven en riego por goteo

La asociación de un mal microclima y el aumento del peso y la compacidad de racimos, potencian el desarrollo de la podredumbre del racimo (*Botritis*) y dificulta su tratamiento. Asimismo, como efectos negativos que se derivan del exceso de nitrógeno, también podemos citar: el corrimiento en variedades sensibles a este accidente, la clorosis, el aumento del riesgo de carencia de potasio y de las necesidades de agua, la presencia en el vino de un mayor contenido de compuestos no deseables para la salud (carbamato de etilo, aminas biógenas, etc.), y la alteración de las cualidades organolépticas de los vinos.

Alimentación potásica elevada

En los últimos años, los enólogos han mostrado su preocupación por la disminución de la acidez y el aumento del pH en los vinos. Entre los argumentos que se esgrimen para justificar este problema, se cita la intensificación de la nutrición de potasio. La insuficiente acidez conduce a vinos "planos", sensibles a oxidaciones y precipitaciones, con escasa valoración organoléptica, obligando a desarrollar una importante enología correctiva. Los aportes generosos de este elemento en el abonado de la viña han contribuido, sin duda, a agravar el problema. Sin embargo, sería insuficiente justificación si no se tuvieran en cuenta otros factores culturales que, relacionados con la mayor o menor absorción de potasio, tienen una clara incidencia en la acidez: fertilidad del suelo, utilización del riego, capacidad selectiva de absorción de potasio de los diferentes portainjertos, diferente aptitud de las variedades para acumular y traslocar potasio, altas densidades de plantación o técnicas de mantenimiento de suelo que facilitan la instalación superficial del sistema radicular (aplicación de herbicidas).

Deficiencia de magnesio.

Como circunstancias que favorecen una insuficiente alimentación de Mg se pueden con-

siderar su falta de restitución por la disminución del aporte de materia orgánica, la ausencia de este elemento en los planes de abonado, y todas aquellas situaciones que favorezcan la alimentación excesiva de potasio, con el que mantiene un evidente antagonismo: inadecuada elección de variedades y portainjertos, fertilización abundante de potasio, y buena disponibilidad de agua (riego y/o precipitaciones). La carencia de magnesio entraña una disminución del rendimiento y de la síntesis de azúcares, así como riesgos de "desecamiento de raspón". Este accidente, del cual no se conoce con exactitud las razones que lo provocan, mejora con la aplicación foliar de magnesio durante el envero.

Carencia de oligoelementos.

En nuestro viñedo no es raro detectar deficiencias de Fe, Mn, B e incluso Zn, dada la dependencia de disponibilidad de estos elementos respecto del pH más bien básico de los suelos dedicados al cultivo de la vid. Las toxicidades por microelementos son menos frecuentes y se dan más en suelos de reacción ácida.

RECOMENDACIONES DE ABONADO

En términos generales, la fertilización del viñedo resulta compleja, habida cuenta de la amplia gama de factores de la producción vitícola (medio, planta y técnicas de cultivo) con incidencia en la nutrición mineral, y la consideración general del viñedo como un cultivo de secano, perenne y leñoso, características que limitan el desarrollo y la respuesta del abonado.

Abonado de plantación

Abonado orgánico

La aplicación de 25 t/ha de un estiércol tradicional, distribuido superficialmente y enterrado mediante labores superficiales, podría ser una referencia a tener en cuenta. Cuando concurren circunstancias tales como niveles elevados de MO, condiciones favorables para su mineralización y aplicación de MO poco estable y de relación C/N baja, que suponen una importante disponibilidad de nitrógeno, es aconsejable suprimir el aporte de MO, o reducir la dosis a niveles de 10 t/ha, con una MO de relación C/N elevada.

Ensayo de fertirrigación nitrogenada

Abonado mineral

Una propuesta general para el abonado mineral de fondo puede responder a los siguientes intervalos: 100-400 kg P_2O_5/ha, 200-600 kg K_2O/ha y 50-150 kg MgO/ha. Los niveles más elevados se corresponden con suelos poco fértiles y/o de textura arcillosa. En el caso concreto del potasio, las cantidades deberán reducirse en suelos ricos en este elemento, sueltos, de reacción ácida y siempre que se prevea una situación favorable para la carencia de magnesio (antagonismo). El nitrógeno no se aconseja en el abonado de plantación, para evitar posibles pérdidas y los efectos negativos que se deducen del exceso de vigor en plantaciones jóvenes (mal agostamiento y desequilibrio entre parte aérea y sistema radicular).

Tabla 26.3. Valores medios de elementos minerales de limbo y pecíolo durante el envero

Elemento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	B (ppm)
Limbo	2,1-2,35	0,13-0,17	0,65-0,97	3,11-3,69	0,36-0,51	69-119	29-42
Pecíolo	0,42-0,51	0,07-0,12	0,94-2,16	2,02-2,55	0,73-1,1	21-74	33-41

Con respecto a la aplicación de los abonos minerales, si se realiza subsolado como labor preparatoria del terreno, se distribuyen en superficie y se entierran con una labor superficial; si por el contrario se practica una labor de desfonde, los abonos se reparten en superficie y se incorporan en profundidad. En el caso de que el cultivo anterior fuera viña, y ésta no manifestara síntomas de desequilibrios nutricionales y hubiera sido objeto habitualmente de un aporte regular de abonos orgánicos y minerales, se podría prescindir de la fertilización de fondo.

Carencia de magnesio en variedad tinta

Aunque la mayor parte de los suelos dedicados al cultivo de la vid presentan valores de pH más bien alcalinos, en ocasiones se requieren enmiendas de tipo mineral ("encalado") para la corrección del bajo pH que caracteriza a los suelos ácidos (pH<6). Para ello, se pueden realizar aportes entre 2.000 kg CaO/ha en suelos arenosos y 6.000 kg CaO/ha en suelos muy arcillosos. En el caso de suelos "sódicos", aportes de MO, azufre y yeso pueden ser aconsejables.

Abonado de mantenimiento

A la hora de estimar la dosis de abonado, es importante tener en cuenta el objetivo de la explotación vitícola (calidad versus cantidad), el balance nutricional, los factores con incidencia en la nutrición, así como los métodos que nos permiten valorar el nivel de nutrición. El análisis y el diagnóstico foliar han tomado protagonismo a la hora de detectar desequilibrios nutricionales y racionalizar la fertilización. Nuestra propuesta metodológica pasa por la toma de muestras durante el envero, recogiendo hojas opuestas al segundo racimo y analizando limbos y/o pecíolos, según el fin que se persiga. Desde nuestras experiencias en la variedad Tempranillo, la tabla 26.3 nos acerca a los valores medios de macroelementos (% sms) y oligoelementos (ppm) en limbo y pecíolo durante el envero.

Abonado orgánico

En términos generales, la aportación de 10 t/ha de un estiércol clásico, satisface las necesidades y las pérdidas de MO anuales, que se estiman entre 300 y 1.200 kg/ha, según las condiciones naturales y de cultivo. La incorporación de sarmientos puede llegar a compensar cerca del 40% de la pérdida anual de materia orgánica, aportando en nuestras condiciones de cultivo un valor fertilizante medio por hectárea de: 7 kg N, 2 kg P_2O_5, 8 kg K_2O, 9 kg CaO y 2 kg MgO. No deja de ser frecuente diferir en el tiempo y en el espacio los aportes de MO, utilizando enmiendas orgánicas de

Sistema radicular de vid en suelos de albariza

estabilidad media-alta, aplicadas preferentemente en superficie, con suficiente antelación y enterradas mediante labores superficiales.

Aparte de la utilización de estiércoles tradicionales, se puede optar por una amplia gama de especialidades comerciales con base muy diversa, sin olvidar otras fuentes de materia orgánica como lo son las cortezas, la paja, los restos vegetales y los subproductos de la vid, utilizando sarmientos y orujos, bien sea incorporados directamente o compostados previamente. El compost urbano y los lodos de depuradora, no encuentran suficiente acomodo en el cultivo de la vid. Correctores biológicos y ácidos húmicos y fúlvicos completan este apartado, contribuyendo a mejorar la actividad biológica del suelo y la absorción de nutrientes.

Abonado con nitrógeno

Es quizás el elemento más cuestionado en los planes de fertilización del viñedo. Por una parte, los efectos negativos que se derivan de una alimentación nitrogenada generosa han conducido en algunas ocasiones a su reducción e incluso eliminación en viñedos de calidad, a excepción hecha de la observación de un vigor insuficiente de las plantas o de problemas de fermentación por bajos contenidos de nitrógeno en mosto. Por otro lado, cuando los niveles de MO y las condiciones para su mineralización son adecuados, se dan circunstancias favorables para compensar los requerimientos de la viña con aportes moderados de nitrógeno.

En términos generales, la estimación de la cantidad de nitrógeno a aportar se basaría en la consideración del vigor actual y del deseado, que resulta en la práctica el mejor método de valoración de la fertilización nitrogenada, del rendimiento, de la pluviometría y del tipo de suelo, circunstancias éstas últimas que condicionan en gran medida la mayor o menor cantidad de nitrógeno en forma NO_3^- con la que se puede contar y/o lavar. En condiciones medias, las aportaciones de nitrógeno se situarían entre 30-40 kg/ha. En viñedos de elevados rendimientos o en aquellos dedicados a la producción de uva de mesa, cabría multiplicar casi por dos el intervalo superior.

Con respecto a la aplicación de nitrógeno, elemento móvil y fácilmente lavado, resultaría una práctica adecuada realizar su aportación en solitario durante el periodo de primavera-verano (desborre-postcuajado), de forma fraccionada y superficialmente, utilizando en cada caso aquellos abonos nitrogenados más adecuados en función de sus características y fecha de aplicación. Si el viticultor opta por la utilización conjunta de nitrógeno, fósforo y potasio, bien sea como mezcla de abonos simples o con abonos complejos, la aplicación debe retrasarse lo más posible dentro del invierno.

Abonado con fósforo

Las moderadas necesidades que la vid tiene de fósforo, han hecho que su aporte se centre casi exclusivamente en sus exportaciones. En este sentido, podemos hablar de unos aportes de 20-30 kg P_2O_5/ha, si bien será necesario considerar las frecuentes inmovilizaciones de este

elemento en el suelo y los bajos coeficientes de utilización de abonos que aporta este elemento, por lo que estas recomendaciones podrían ser incrementadas en porcentajes en torno al 25%, procurando adaptarse en la mejor medida posible a las formulaciones comerciales presentes en el mercado. Además de la presencia de fósforo en diferentes abonos complejos y órgano-minerales, los abonos fosfatados simples más utilizados son los superfosfatos. Considerando la poca movilidad del fósforo y su baja solubilidad, conviene que la aplicación de abonos que incorporan fósforo se realice de forma temprana y localizada.

Abonado con potasio y magnesio

Teniendo en cuenta el marcado antagonismo entre potasio y magnesio, es aconsejable plantear simultáneamente el abonado de estos dos elementos. El diagnóstico peciolar a través de la relación K/Mg (2-8) y la consideración en el suelo de las relaciones K/CIC (2-4%) y K/Mg (0,3), se han convertido en herramientas útiles para dirigir su fertilización. Como pauta general, podíamos hablar de un aporte de potasio equivalente a 60-100 kg K_2O/ha, según tipo de suelo (lavado; retrogradación), volumen de cosecha o riesgo de provocar deficiencias de magnesio. En uva de mesa, estas cantidades pueden llegar a duplicarse. Por su parte, las referencias para el magnesio se situarían en los 15-30 kg MgO/ha, guardando aproximadamente una relación K:Mg de 3:1 para evitar desequilibrios entre ambos elementos.

La aplicación de potasio y magnesio responde a criterios considerados para el fósforo. En el caso del potasio, los abonos simples más utilizados son cloruro potásico y sulfato potásico. Este último abono se recomienda en suelos salinos, poco profundos y sueltos, y en aportes masivos, tardíos y localizados. El abono con magnesio más extendido es el sulfato magnésico. Tanto para un elemento como para otro, existen abonos complejos y una amplia gama de abonos que los contienen en su formulación y composición.

Microelementos

Los aportes al suelo de microelementos son escasos y se reducen casi exclusivamente a la aplicación de hierro en forma de quelatos. La aplicación foliar de sales solubles de dichos micronutrientes, es la opción más habitual para compensar su consumo o enmendar posibles desequilibrios.

A modo de referencia, y teniendo en cuenta las consideraciones realizadas a lo largo de la exposición anterior, la tabla 26.4 recoge recomendaciones medias de abonado de mantenimiento en viñedo, en función al rendimiento.

Tabla 26.4. Abonado de mantenimiento del viñedo (kg/ha)

Rendimiento (kg/ha)	N	P_2O_5	K_2O	MgO
≤6.000	≤35	≤20	≤60	≤15
6.000-9.000	35-45	20-25	60-80	15-20
≥9.000	45-60	25-40	80-100	20-25

Fertirrigación

Hasta fechas recientes, la condición de secano que ha caracterizado al viñedo español y las limitaciones legales sobre la utilización del riego, han limitado el uso de la fertirrigación. De cara al futuro, la fertirrigación alcanzará un importante protagonismo en el cultivo de la vid. Basta con considerar las más de 300.000 ha de viñedo en regadío, actualmente existentes.

Bibliografía

- Cadahía C., 2000. Fertirrigación de cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa.
- Comité Interprofesional del Vino de Champagne (CIVC), 2009. Viticulture durable en Champagne. Guide pratique. Le Vigneron Champenois.
- Champagnol, F., 1984. Eléments de Physiologie de la vigne et de Viticulture generale. Ed. F. Champagnol.
- Delas, J., 2000. Fertilisation de la vigne. Editions Féret.
- Fregoni, M., 1996. Nutrizione e fertilizzazione della vite. Edagricole.
- García-Escudero, E., 2009. Sobre el terreno. Riego, fertilización y técnicas de mantenimiento del suelo. La Rioja, sus viñas y su vino. Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural de La Rioja.
- Gil Sierra, J., 1990. Maquinaria para el cultivo y recolección de la vid. Agroguías Mundi-Prensa. Ediciones Mundi-Prensa.
- Hidalgo, L., 2002. Tratado de Viticultura General. Ediciones Mundi-Prensa.
- Jackson, R., 2008. Wine Science. Principles and Applications. Third Edition.
- Martínez de Toda, F., 1991. Biología de la vid. Fundamentos biológicos de la viticultura. Ediciones Mundi-Prensa.
- Reynier, A., 2007. Manuel de Viticulture. Ediciones Mundi-Prensa.
- Ribéreau-Gayon, J., Peynaud, E., 1982. Ciencias y Técnicas de la viña. Biología de la viña. Suelos de viñedos. Editorial Hemisferio Sur.
- Rius, X., 2005. Apuntes de Viticultura australiana. Agro Latino.
- Salazar, D., Melgarejo, P., 2005. Viticultura. Técnicas de cultivo de la vid, calidad de la uva y atributos de los vinos. Ediciones Mundi-Prensa.
- White, R., 2003. Soils for Fine Wines. Oxford University Press.

27 ABONADO DEL OLIVAR

Casimiro García García
Doctor Ingeniero Agrónomo
Profesor Titular de Producción Vegetal. Fitotecnia
ETSIA. Universidad Politécnica de Madrid

CONSIDERACIONES GENERALES

El olivo es un árbol de la familia de las oleáceas (*Olea europea L.*). Su cultivo se inició en la región del Asia Menor hace más de seis mil años. A lo largo del tiempo se ha extendido por los países de la cuenca del Mediterráneo y fue llevado a América por los españoles.

El cultivo del olivo está íntimamente vinculado con la cultura mediterránea. Su principal aprovechamiento es el aceite que se extrae de sus frutos, considerado como la mejor grasa para la dieta humana debido a su composición de ácidos grasos. También se consume el fruto, directamente, después de distintos aderezos.

El aceite se extrae de los frutos por medios mecánicos, a diferencia de otros aceites de semilla que se extraen por procedimientos químicos, quedando sus cualidades nutricionales mermadas.

De la producción mundial total de aceites vegetales (más de 128 millones de toneladas) menos del 3% corresponde a aceite de oliva (3,1 millones de toneladas), estando su consumo localizado mayoritariamente en los países de la cuenca del Mediterráneo. El consumo en los países más desarrollados (Estados Unidos, Japón, Australia, Canadá y los centroeuropeos) está creciendo rápidamente debido a las ventajas que tiene en la dieta alimenticia humana.

España es el primer país productor de aceite de oliva, seguido de Italia, Grecia, Túnez, Turquía y Siria.

Tabla 27.1. Principales países productores de aceite de oliva (000 t)

Países	1995/96	2000/01	2005/06	2006/07	2007/08 (P)	2008/09(A)
España	337,6	973,7	826,9	1.111,4	1.221,8	1.150
Italia	620	509	636,5	490	470	560
Grecia	400	430	424	370	307	370
Túnez	60	130	220	160	170	160
Turquía	40	175	112	165	72	159
Siria	76	165	100	154	100	125

(P) Provisional. (A) Previsión

Fuente: Consejo Oleícola Internacional (2009)

Aunque la principal producción del olivo es el aceite, también se consume directamente el fruto, después de distintos aderezos. La producción mundial de aceituna para aderezo se localiza en España, Egipto, Turquía, Grecia, Marruecos y Siria. En 2007, España produjo un 28% de la aceituna de mesa mundial.

Características del olivo

El olivo cultivado es un árbol de tamaño mediano, de unos 4 a 8 m de altura según la variedad. Puede permanecer vivo y productivo durante cientos de años. El tronco es grueso y la corteza de color gris a verde grisáceo. La forma del árbol está influida en gran medida por las condiciones agronómicas y ambientales durante su crecimiento y, en particular, por el tipo de poda; en este sentido, el olivo demuestra una gran plasticidad morfo genética.

Es un árbol polimórfico con fases juvenil y adulta. Las diferencias entre estas fases se manifiestan en la capacidad reproductora (solamente en fase adulta), en el potencial para el enraizamiento (mayor en la fase juvenil) y en diferencias morfológicas en hojas y ramos.

El olivo es una especie vecera, con alternancia de cosecha. Ahora bien, con una cuidadosa recolección, con riego y con una fertilización equilibrada la vecería puede reducirse en gran medida.

Exigencias climáticas y edáficas

Las exigencias ambientales del olivo están relacionadas con las condiciones de la región geográfica de origen, que se caracteriza por veranos secos y calurosos e inviernos fríos y poco húmedos (250-450 mm precipitación anual). Está especialmente adaptado al secano y gracias a la conformación de sus hojas se minimiza la pérdida de agua.

En las condiciones españolas el cultivo está limitado por el frío en las regiones más septentrionales del país. Soporta altas temperaturas en verano, hasta 40 °C si tiene humedad suficiente en el suelo, y hasta 10-12 °C bajo cero en pleno reposo invernal.

La inducción floral se produce en el periodo de reposo estival y al final del invierno o comienzos de primavera se inicia la diferenciación de las yemas. Con temperaturas primaverales de 10-12 °C se inicia el desarrollo vegetativo, las inflorescencias y la floración se producen entre 15 y 18 °C sobre la madera del año anterior. Cuando las temperaturas estivales llegan a 35-38 °C tiene lugar una parada vegetativa.

En cuanto a las exigencias edáficas, el olivo es una planta muy rústica, que se extiende por todo tipo de suelos, incluidos los terrenos de escasa fertilidad, aunque prefiere suelos franco-arenosos, profundos y con drenaje, ya que es muy sensible al encharcamiento prolongado. Soporta bien la salinidad y niveles elevados de caliza, siendo frecuente su cultivo sobre suelos calcáreos del área mediterránea.

Importancia del cultivo en España

En la tabla 27.2 se presenta un detalle de la superficie cultivada de olivar en 2007 en las

Tabla 27.2. Distribución de la superfície de olivo por CC.AA. (ha). Año 2007

CC.AA.	Aceituna almazara	Aceituna mesa	Total
Andalucía	1.399.054	105.830	1.504.884
Castilla-La Mancha	358.324	382	358.706
Extremadura	200.900	61.800	262.700
Cataluña	122.825	64	122.889
Aragón	47.456	6	47.462
Resto	170.763	2.758	173.521
TOTAL ESPAÑA	**2.299.322**	**170.840**	**2.470.162**

Fuente: MARM (2008)

Olivar tradicional

principales Comunidades Autónomas en que se ubica.

La superficie de olivo cultivado en regadío para aceituna de mesa supone el 28,6% del total y la destinada a aceituna para almazara representa el 15,7%.

El olivar español ha sufrido una profundísima transformación y de estar en plena regresión en los "años 70" como consecuencia de su baja productividad, ha pasado a ser, hoy en día, un sector pujante en continuo ascenso, en el que se ha mejorado tanto la producción como la calidad del aceite.

Los cambios en el sistema productivo han repercutido en que la producción se haya duplicado por hectárea en pocos años. Y entre los factores que han contribuido a este incremento de los rendimientos está también el abonado. El olivar antes no se abonaba y ahora se abona, pasando la fertilización de ser algo secundario a ser fundamental en una explotación olivarera.

El olivar tradicional (80/100 árboles/ha) ha dejado prácticamente de plantarse y se ha pasado a un sistema intensivo con densidades entre 200 y 500 árboles/ha (lo normal son 285 olivos a un marco de 7 x 5 m), árboles en vaso alto, con plena producción a partir de los 7 años, que se recogen mediante vibradores con paraguas planos y producciones entre 8.000 y 10.000 kg/ha. En este tipo de plantaciones, que abarca ya unas 215.000 ha, casi todas en riego, el abonado se practica en fertirrigación.

Desde hace unos diez años también se están realizando plantaciones superintensivas, en seto, con densidades superiores a 1.500 árboles/ha en regadío, que entran en plena producción a partir de los tres años alcanzando plena producción a los cinco años, donde los olivos se cosechan en continuo mediante máquinas de tipo cabalgante. Con esta técnica los rendimientos se sitúan en los primeros años entre 10.000 y 12.000 kg/ha. En ella, hay que controlar el vigor de los árboles mediante la poda y la fertilización nitrogenada.

La influencia del agua en los rendimientos de una explotación olivarera es de sobra conocida por los agricultores, ya que con un caudal mínimo de unos 1.500 m^3/ha pueden asegurarse e incrementarse fuertemente los rendimientos. De ahí, el esfuerzo que se ha hecho en la última década para aumentar la superficie en regadío, tanto en plantaciones intensivas como en las tradicionales, casi en su totalidad en riego por goteo.

La fertirrigación va asociada al riego por goteo y por tanto hablar de fertilización en el olivar de riego es hablar de una nueva técnica y de nuevos fertilizantes.

Tabla 27.3. Evolución de la superficie de riego por goteo en el olivar (ha)

Año	Superficie
2002	394.164
2005	465.933
2006	506.262
2007	567.234
2008	613.693

Fuente: ESYRCE (2008)

NECESIDADES NUTRICIONALES

Las necesidades responden a la cantidad de elementos nutritivos que el olivo consume a lo largo de su ciclo vegetativo. En estas necesidades están incluidos los requerimientos para:

- Producir la cosecha.
- Desarrollar nuevos órganos vegetativos: raíces, tallos, brotes y hojas.
- Crecimiento de órganos viejos permanentes: tronco y ramas.

El suelo, normalmente, no puede suministrar a una planta perenne los nutrientes necesarios para su crecimiento y producción en el tiempo adecuado. Es por ello, que el agricultor, si quiere atender las necesidades nutritivas del olivar, tendrá que establecer un programa de abonado racional basado en las extracciones de nutrientes por el olivo en relación a la producción esperada, la fertilidad del suelo, el estado de nutrición del árbol y los nutrientes aportados por las reservas contenidas en tallos y hojas viejas.

Las cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio que el olivo extrae anualmente, por cada 1.000 kg de aceituna recogida, han sido estudiadas por varios investigadores, y pueden oscilar entre los siguientes valores:

Tabla 27.4. Extracción de nutrientes

Nutrientes	(kg/1.000 kg de aceitunas)
N	15 a 20
P_2O_5	4 a 5
K_2O	20 a 25

Tan importante como conocer las necesidades de nutrientes del olivo es conocer su ritmo de absorción a lo largo de las distintas fases vegetativas, que debe tenerse presente a la hora de aportarlos al cultivo. Las mayores necesidades de nitrógeno se sitúan en la floración y el cuajado del fruto, en tanto que las de potasio son más importantes a partir del endurecimiento del hueso y el engorde de la aceituna. Las necesidades de fósforo no presentan unas puntas tan acusadas y son más regulares a lo largo del ciclo.

El plan de abonado debe tener también presente la fertilidad del suelo y sus características físico-químicas. La realización de análisis de suelos puede orientarnos sobre la capacidad de cada suelo para abastecer de nutrientes, de forma inmediata, a la plantación de olivar, sobre todo en lo que se refiere al suministro de fósforo y potasio.

Detalle de ramas de olivo variedad Arbequina

Dado que el olivar se asienta en su mayor parte en suelos generalmente pobres en materia orgánica, el posible suministro de nitrógeno por su mineralización será escaso. La incorporación al suelo de las hojas viejas y otros residuos vegetales del árbol le aporta a medio y largo plazo materia orgánica.

En cuanto al fósforo, al ser los suelos donde vegeta el olivar, en una gran parte, ricos en carbonato cálcico, el fósforo está precipitado y por tanto no está disponible para el cultivo de forma inmediata. En lo que se refiere al pota-

Tabla 27.5. Niveles críticos en hojas de olivo

ELEMENTO	Niveles nutritivos estándar sobre peso seco			
	Deficiente (MB)	Bajo (B)	Normal (N)	Alto (A)
N (%)	<1,40	1,41-1,50	1,51-2,00	>2,00
P (%)	<0,05	0,06-0,09	0,10-0,30	-
K (%)	<0,40	0,40-0,79	0,80-1,00	>1,00
Ca (%)	<0,30	0,30-1,00	>1,00	-
Mg (%)	<0,08	0,08-0,10	>0,10	-
Mn (ppm)	-	-	>20	-
Zn (ppm)	-	-	>10	-
Cu (ppm)	-	-	>4	-
B (ppm)	<14	14-19	20-150	-

* Para el Fe no es válido el análisis foliar como método de diagnóstico

Fuente: Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía (1996)

sio, son frecuentes las deficiencias en los suelos arcillosos en que se asienta el olivar, ya que el potasio está fuertemente fijado a las arcillas y las condiciones de sequía, normales en el cultivo, impiden su absorción.

Con relación al estado nutritivo del olivar, el análisis foliar proporciona una referencia muy válida que nos puede servir de guía para el cálculo del abonado. El análisis foliar es útil no sólo para conocer el nivel de nutrientes antes de que aparezcan deficiencias nutritivas, sino también para conocer la proporción entre ellos, ya que si está desequilibrada puede ocasionar trastornos nutricionales al cultivo.

Como en el olivo se pueden encontrar hojas de tres edades: del año en curso, de un año y de dos años, cuyos contenidos en nutrientes pueden variar, y como éstos también varían a lo largo del año, se debe realizar el muestreo de las hojas en la parada vegetativa del mes de julio y elegir las hojas con pecíolo procedentes de la parte central de la brotación del año.

En la tabla 27.5 se muestran los niveles críticos en hojas de olivo.

Los órganos viejos permanentes, durante la brotación y floración, exportan nutrientes a otras partes del olivo. Como estos órganos, más adelante, recuperan del suelo los nutrientes exportados, esta aportación de nutrientes no debe considerarse en el plan de abonado.

En cambio, las hojas viejas sí deben considerarse como aportadoras de nutrientes, pues desde ellas se produce un trasvase de elementos nutritivos hacia los nuevos órganos y estos nutrientes no pueden reponerse a lo largo del ciclo vegetativo porque, poco tiempo después, estas hojas se desprenden del árbol.

Las inflorescencias, botones florales y frutos pequeños recién cuajados, caídos al suelo durante el proceso de floración y cuajado, y las hojas viejas que se desprenden, suponen una reincorporación al suelo de nutrientes que, a medio y largo plazo, pueden ser aprovechados por el olivo.

Papel de los nutrientes en el olivar

El nitrógeno, es el elemento más importante en la fertilización del olivo. Acelera la actividad vegetativa y el desarrollo de la planta, aumenta la capacidad de asimilación de otros elementos e influye, más que los demás elementos, en la producción. Es poco estable en el suelo, razón por la que hay que tenerlo presente anualmente en los programas de fertilización.

Un abonado nitrogenado excesivo no mejora la calidad del aceite ni la producción, aumenta la sensibilidad a las heladas y a las enfermedades y retrasa la maduración de los frutos. En el olivar tradicional se recomienda aplicar entre 0,5 y 1 kg N/árbol, sin superar, en todo caso, 150 kg N/ha.

El fósforo forma parte de compuestos que intervienen en muchos procesos bioquímicos que tienen lugar en la planta. Acelera la maduración y mejora la floración y el cuajado. La respuesta del olivar a las aportaciones de fósforo es menos evidente que la de nitrógeno y sólo se produce al cabo de unos años de abonado. No suelen ser frecuentes, en las zonas olivareras españolas, los suelos pobres en fósforo, aunque al tener un alto contenido en caliza el fósforo está en forma insoluble. En caso de deficiencia se puede aplicar 0,5 kg P_2O_5/árbol.

Detalle de ramas de olivo variedad Picual

El potasio desempeña una labor importante en el transporte de azúcares en la planta, en la transpiración y en numerosos procesos bioquímicos en los que tiene que estar presente. Aumenta la resistencia del árbol a las heladas y a las enfermedades criptogámicas. Mejora el tamaño y la calidad de los frutos.

El olivo precisa de grandes cantidades de potasio y si la cosecha es abundante y las extracciones han sido elevadas pueden presentarse deficiencias, necrosándose las hojas y defoliándose el árbol. También la deficiencia puede presentarse en años muy secos, en el secano. Las deficiencias de potasio son difíciles de corregir y por ello es importante mantener una adecuada concentración de este elemento en las hojas. El olivar responde bien a las aplicaciones de potasio que se sitúan entre 1 y 2 kg K_2O/árbol.

El boro es un microelemento de gran importancia para el olivo, cuya deficiencia aparece más frecuentemente en suelos calizos y terrenos secos. Los olivos con deficiencias en boro presentan problemas en la floración y en el cuajado, con elevado número de frutos deformes. A veces la deficiencia se confunde con la de potasio.

El hierro es otro microelemento que debe ser tenido en cuenta en el olivo, que puede manifestar deficiencias en hierro aún estando este elemento presente en el suelo, debido a la inmovilización que produce el ión bicarbonato sobre este nutriente. Los árboles afectados por clorosis férrica presentan síntomas característicos de clorosis en las hojas.

En cuanto a los elementos secundarios, el **calcio**, es un elemento al que tradicionalmente se le ha prestado poca atención, porque la mayor parte del olivar está asentado en suelos muy calizos y existe la errónea teoría, de que al haber mucho calcio en el suelo, el olivo ya absorberá el necesario; pero este calcio está en formas insolubles y por tanto puede ser necesario la aplicación de fertilizantes que aporten calcio soluble.

Deficiencias nutritivas

En la tabla 27.6 se presentan los síntomas más frecuentes de deficiencias nutritivas en el olivar.

Tabla 27.6. Deficiencias nutritivas en el olivar

Elemento nutritivo	Síntomas observados debido a deficiencias
Nitrógeno	Raquitismo, entrenudos cortos, las hojas quedan pequeñas, deformadas y algunas veces con clorosis difusas, pudiendo aparecer más tarde algunos tintes rojizos sobre todo en las hojas viejas. Ésta es una de las causas por la que, a veces, el ovario no alcanza su completo desarrollo.
Fósforo	Algunos de los síntomas de carencia de fósforo son parecidos a los del nitrógeno, especialmente el poco desarrollo de las hojas y otras partes del árbol, pero sin presentar deformaciones como en aquel caso. Hojas de menor tamaño, en las que, en la parte apical, aparecen zonas de color verde más claro, mientras que se mantiene el color normal, o incluso más oscuro, en la zona próxima al pedúnculo. Pueden aparecer pequeñas manchas cloróticas, sobre todo al final de verano y en invierno. Zonas necróticas, principalmente por la parte del ápice, y casi siempre marginales; corrientemente en invierno o principios de primavera. En ocasiones se ven olivos con este síntoma y no hay hojas con los anteriormente descritos.
Potasio	Suelen manifestarse antes en los tejidos y partes más viejas, produciendo un debilitamiento de los mismos, porque al ser un elemento muy móvil, emigra fácilmente de un sitio a otro de la planta, y los tejidos más viejos se agotan en beneficio de los más jóvenes. Reducción del crecimiento vegetativo. Hojas más pequeñas que las normales y tienen en el ápice una zona de color más o menos atabacado; en algún caso esa zona está en el borde pero casi siempre cerca del ápice; alguna vez los bordes se enrrollan. Normalmente no hay zona de transición entre la parte enferma y la que parece sana.
Calcio	Intensa clorosis en las hojas en la parte apical, pudiendo variar el color de amarillo verdoso en las hojas jóvenes, al amarillo anaranjado en las más viejas; también en las hojas viejas pueden verse alguna vez zonas necrosadas e incluso bordes rasgados. El sistema radicular se desarrolla poco y cuando el proceso está avanzado, las partes terminales adquieren a veces una consistencia gelatinosa.
Magnesio	Zonas cloróticas en las hojas que avanzan desde el ápice hasta la base, siendo gradual la transición de una zona a otra, por lo que no hay una línea clara de separación entre ambas. Si continúa la situación deficitaria, puede haber defoliación en las ramitas jóvenes, acompañada de necrosis en las partes terminales, así como de una reducción general del crecimiento de la planta.
Azufre	Este elemento interviene también en la formación de la clorofila y su falta produce una clorosis parecida a la de la carencia de nitrógeno.
Boro	El síntoma más corriente en las hojas es la presencia en la parte apical de una mancha que parece como una quemadura, e incluso con alguna parte necrótica; en estas hojas es muy característica la existencia de una zona amarillenta, que suele haber entre la parte enferma y la de aspecto normal de la hoja. En ocasiones, además de algunas deformaciones, puede tener lugar una considerable caída de hojas, llegando a formarse lo que se conoce como "escobas de bruja". Cuando la falta de boro no es muy acusada, la fructificación puede ser aparentemente normal, pero el fruto formado tiende a caer, especialmente en el verano. Otras pocas veces, algunos frutos llegan a madurar, pero suelen estar muy deformados, lo que da lugar a lo que se conoce como "cara de mono". Cuando hay exceso de boro, se observan zonas necróticas en la parte apical de las hojas, no habiendo transición entre una parte y otra de la hoja. Los árboles fuertemente afectados por la toxicidad no producen flores.
Cobre	Acortamiento de los entrenudos, pudiendo llegar a formar "rosetas", acompañado a veces de una anómala ramificación.
Hierro	Síntomas muy claros de clorosis (clorosis férrica), más visible en las hojas jóvenes, que puede acentuarse y, en los casos extremos, producir necrosis en los bordes y ápices.
Manganeso	Clorosis en las hojas con síntomas variables y a veces acompañada de necrosis.
Zinc	La carencia de zinc produce la aparición de manchas amarillas en las hojas adultas y una detención del crecimiento de los brotes, con acortamiento de los entrenudos dando lugar a la formación de "rosetas", parecidas a lo que ocurre con la falta de cobre.

Fuente: Faustino de Andrés Cantero (1997)

Olivar tradicional y en seto

RECOMENDACIONES DE ABONADO

Dados los diversos escenarios en que se cultiva el olivar y los diferentes sistemas de aplicación de los nutrientes, se van a indicar las recomendaciones en cada uno de ellos.

Olivar de secano. Aplicación al suelo

La variabilidad de las producciones en secano, es esencial a la hora de programar el abonado, que también depende de otras muchas variables ya comentadas. En base a todas ellas el agricultor puede optar por utilizar sólo abonos nitrogenados, (en zonas menos productivas, bien abastecidas de fósforo y potasio) o utilizar abonos complejos sólidos o líquidos.

El fósforo y el potasio pueden incorporarse en otoño, si se aplican por separado, o después de la recolección si se aportan junto al nitrógeno. Cuando se aplican los tres elementos juntos, mediante un abono complejo, o se aplican sólo abonos nitrogenados es preferible hacer la aplicación inmediatamente después de la recolección, para aprovechar todas las lluvias primaverales y posibilitar el paso de los nutrientes a la solución del suelo.

La forma tradicional de aplicar los fertilizantes al olivar de secano es aportarlos al suelo, cerca de las raíces absorbentes, que están distribuidas por medio de las calles del olivar en el horizonte superficial, que es el mejor aireado y el más rico en elementos nutritivos.

Si se aplican fertilizantes sólidos nitrogenados simples o complejos, lo normal es distribuirlos con abonadoras centrífugas, en superficie, por medio de las calles del olivar, y enterrarlos a continuación con una labor. Cuando se aplican fertilizantes líquidos neutros, éstos pueden distribuirse con maquinaria adaptada a las cubas que se usan para los tratamientos fitosanitarios.

A modo de orientación, en la tabla 27.7 se presenta una recomendación de abonado, para distintos niveles de producción esperada, con un NPK sólido con boro, que por su equilibrio nutritivo está adaptado al olivar.

Tabla 27.7. Recomendación de abonado del olivo (kg/ha)

Producción aceituna (kg/ha)	NPK 20-8-14-0,1 B
< de 1.500	150
1.500-3.000	300
3.000-4.500	400
4.500-6.000	500
> de 6.000	600

También se pueden aplicar otras fórmulas de NPK sólidos que igualmente se adaptan a las necesidades del olivo, como el 20-5-10 y otras con equilibrio similar.

Si se utilizan abonos complejos líquidos, más versátiles desde el punto de vista de su fabricación, las fórmulas que se pueden utilizar son muy variadas, adaptadas a cada explotación olivarera, siendo las mas usuales 9-3-11 y 6-2-10. En este caso, es frecuente utilizar dos fórmulas distintas a lo largo del ciclo del cultivo.

En el olivar de secano, también se utilizan fertilizantes sólidos compuestos de "mezcla", que permiten la aplicación de fórmulas específicas.

Olivar de riego. Fertirrigación en riego por goteo

Lo primero es definir el plan de abonado anual y la cantidad de nutrientes a aportar al olivar, teniendo en cuenta la producción estimada y las extracciones, ya que las reservas del suelo en este caso no se consideran. Las aportaciones de nutrientes por el agua también deben tenerse en cuenta. El análisis foliar del año anterior nos servirá para afinar los cálculos.

Tabla 27.8. Recomendación de abonado del olivo en fertirrigación (kg/ha)
(Para una producción de 8.000 kg/ha, sin complemento foliar)

Nutrientes	
N	130
P_2O_5	35
K_2O	180

Las cantidades de nutrientes N, P_2O_5 y K_2O a aportar mensualmente por olivo a lo largo de la campaña de riegos no debe ser homogénea, dependiendo del momento del ciclo vegetativo en que se encuentren los árboles.

El nitrógeno se debe aportar en mayor proporción en el periodo primavera-verano (marzo -julio), época en la que se produce una mayor demanda de este nutriente como consecuencia del gran crecimiento vegetativo y del cuajado y crecimiento inicial del fruto, recomendándose reducir su dosis a partir del mes de agosto, tras el endurecimiento del hueso.

El fósforo se podrá aportar en cantidades mensuales prácticamente iguales a lo largo de la campaña, teniendo en cuenta el escaso movimiento del fósforo en el bulbo, lo que hace pensar que se producirán mínimas pérdidas de este elemento por lixiviación, aunque sí bloqueos, lo que aconseja el fraccionamiento.

El potasio se aportará en mayor proporción a partir del endurecimiento del hueso hasta el final de verano y especialmente durante el otoño, para así poder atender la gran demanda que supone la extracción de este nutriente por los frutos en esta época del año (efecto sumidero), demanda que puede dejar desabastecido el árbol a final del ciclo (necrosis en hojas y defoliación), que afectará al desarrollo vegetativo y productivo en la campaña siguiente, haciendo al árbol más sensible a ciertas enfermedades (repilo y vivillo).

En la tabla 27.9 se indican los porcentajes mensuales de reparto de la dosis anual de nutrientes.

Tabla 27.9. Aportaciones mensuales de nutrientes en fertirrigación (%)

Mes	N	P_2O_5	K_2O
Marzo	4,5	4	2
Abril	4,5	4	2
Mayo	22	17	10
Junio	22	17	10
Julio	21	17	21
Agosto	11	17	22
Septiembre	10	17	22
Octubre	5	7	11

Fuente: P. Ramos (2009)

En olivar de riego se aconseja lo siguiente:

- Abonar siempre que se riega (incluso si está lloviendo). No dejar intervalos de tiempo de riego sin fertirrigar. Sólo en casos de problemas de salinidad, habrá que tener en cuenta una fracción de lavado al final del riego donde no se aportarán fertilizantes.
- No cambiar nunca los goteros de sitio.
- Abonar siempre que sea posible con soluciones ácidas. El pH a la salida del gotero debe estar en torno a 6,5.

Plantación intensiva de olivar

- Es preferible siempre los riegos de alta frecuencia, es decir, mayor número de riegos para una misma cantidad de agua.

En cuanto a los fertilizantes que se utilizan, por su facilidad de manejo, se están imponiendo los abonos líquidos: soluciones nitrogenadas y NPK cuyo equilibrio nutritivo se adapte a las necesidades del cultivo en cada momento y abonos que aporten elementos secundarios y microelementos si el cultivo los precisa.

Aportación de abonos vía foliar

El olivo responde bien a las aportaciones de nitrógeno, potasio y microelementos (excepto el hierro) por vía foliar, que pueden realizarse aprovechando tratamientos de productos fitosanitarios y que están especialmente indicadas en tiempo seco.

La absorción foliar de los nutrientes se favorece si la temperatura ambiental es suave, si la humedad ambiente es elevada y si el olivo tiene una proporción importante de hojas jóvenes, lo que sucede de abril a julio. La utilización de agentes mojantes favorece la adhesión del producto a las hojas y facilita su absorción.

Cuando se realicen aplicaciones foliares de nitrógeno y potasio, hay que considerar que son complementarias del abonado practicado al suelo o por fertirrigación y tenerlas en cuenta para descontarlas.

El olivo tiene una hoja que admite muy bien el abonado foliar; por tanto, en secano y siempre que sea posible, se recomienda aportar los fertilizantes vía foliar.

Para la aportación de nitrógeno se puede utilizar urea cristalina, con un contenido en biuret inferior al 0,25%. Aunque se han hecho aplicaciones con concentraciones de hasta un 5% sin producirse fitotoxicidad, es preferible rebajar la concentración hasta la mitad y hacer dos aplicaciones al 2,5%. La aplicación debe hacerse en primavera.

Respecto al potasio, cuando se aplica nitrato potásico las concentraciones oscilan entre 1,25% y 2,5% y preferiblemente debe utilizarse en el otoño.

Producción Integrada (PI).

La PI en el cultivo del olivar ha ido creciendo hasta abarcar, en el año 2008, 194.000 ha (un 40% de la superficie total nacional). Las explotaciones que utilicen técnicas de PI en el cultivo del olivar deberán cumplir distintas normas, de las que resumimos las más importantes en cuanto al abonado.

Es obligatorio realizar la fertilización mineral teniendo en cuenta extracciones, fertilidad del suelo y estado nutricional de la planta. Anualmente se realizarán análisis foliares y cada 4 años de suelos. Se debe cumplir la normativa vigente para la protección de las aguas a la contaminación de nitratos.

Está prohibido superar en secano 70 kg N/ha en olivar tradicional y 100 kg N/ha en olivar intensivo. En riego superar 120 y 150 kg N/ha respectivamente. También aplicar los fertilizantes en diciembre y enero sobre suelo desnudo.

Bibliografía

- Barranco, D., 2008. El cultivo del olivo.
- Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía, 2008. Reglamento Específico de Producción Integrada.
- Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía, 2005. Suelo, riego, nutrición y medio ambiente del olivar.
- De Andrés Cantero, F., 1997. Enfermedades y plagas del olivo. 3ª edición. Vargas Riquelme.
- Domínguez Vivancos, A., 1993. Fertirrigación. Mundi Prensa. Madrid.
- ESYRCE MARM, 2009. Análisis de los regadíos españoles.
- Fernández-Escobar, R. Bases de la fertilización racional del olivo. Vida Rural 245 (4): 58-61.
- Guerrero, A., 2003. Nueva olivicultura.
- Hidalgo, J.C.; Vega, V.; Hidalgo, J., 2008. Corrección de deficiencias nutricionales mediante fertilización foliar en olivar. Vida Rural, 265 (4): 46-50.
- Junta de Andalucía, 2004. El cultivo del olivo. Mundi Prensa.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 1993. Anuario de Estadística Agroalimentaria y Pesquera.
- Pastor Muñoz-Cobo, M. y otros, 2005. Cultivo del olivo con riego localizado. Junta de Andalucía y Ediciones Mundi Prensa.
- Urbano, P., 2002. Tratado de Fitotecnia General. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.
- Vilar Hernández, J., 2009. Algunas contribuciones sobre olivicultura y elaiotécnia desde la perspectiva de la experiencia.

28 ABONADO DE LOS FRUTALES TROPICALES Y SUBTROPICALES EN LAS ISLAS CANARIAS

Jésica Pérez Rodríguez
Ingeniera Agrónoma

CONSIDERACIONES GENERALES

Se trata de frutales originarios de las zonas tropicales y subtropicales de América y Asia, de hoja perenne y de larga vida, con escasa o ninguna resistencia al frío, y cuyo crecimiento es prácticamente nulo por debajo de 10 °C. También requieren temperaturas medias de unos 27 °C y humedades ambientales generalmente elevadas. En cuanto a las exigencias edáficas, la mayoría de estos frutales son capaces de adaptarse a muchos tipos de suelos, aunque casi todos requieren un buen drenaje y un pH próximo a la neutralidad. En España, Canarias y algunas zonas del sureste peninsular cuentan con las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de dichos cultivos.

Los principales frutales tropicales y subtropicales cultivados en España son: la platanera (*Musa acuminata* Colla), el aguacate (*Persea Americana* Mill), la chirimoya (*Annona cherimola* Mill), el mango (*Mangifera indica* L.), la papaya (*Carica papaya* L.) y la piña tropical (*Ananas comosus* (L.) Merr.). De acuerdo con las estadísticas del MARM (2008), la superficie total destinada a dichos cultivos es de unas 22.800 ha, de las cuales unas 10.700 ha se encuentran localizadas en las Islas Canarias.

La mayoría de los frutales tropicales y subtropicales se asientan en las Islas en zonas de costa (entre los 100-500 m sobre el nivel del mar), cultivados sobre "sorribas" (suelos antrópicos constituidos por el transporte de tierras originarias de Andosoles, Inceptisoles y Vertisoles de diferentes zonas de la isla). Debido a su heterogeneidad, estos suelos de origen volcánico presentan unas características singulares que hacen que su manejo sea particular: una vez puestos en cultivo presentan elevada fertilidad potencial, buena estructura en origen, pH comprendido entre 7,5 y 8,5, elevada conductividad eléctrica y fuerte capacidad de retención de fosfatos. Además, muestran una elevada estabilidad estructural ante la sodificación y resistencia a la salinidad.

Los cultivos de frutales tropicales y subtropicales ocupan en las Islas Canarias aproximadamente el 21% de la superficie total cultivada, y destaca como cultivo dominante el plátano (tabla 28.1).

Tabla 28.1. Evolución de la superficie de cultivo (ha) y de la producción (t) de los principales cultivos tropicales y subtropicales de Canarias

Cultivos	Año 2000		Año 2005		Año 2008		
	Superficie	Producción	Superficie	Producción	Superficie	Producción	
						(t)	(000 €)
Platanera	8.876,5	396.865	9.548	345.004	9.112,6	371.106	173.826
Aguacate	659,1	4.908	763,9	8.634	886,3	5.343	11.699
Mango	223,0	3.523	450,6	9.039	411,8	8.266	13.658
Papaya	122,3	5.014	285,9	10.499	231,3	7.880	6.336
Piña tropical	64,8	970	116,8	1.935	129,2	1.815	2.439
Total	**9.945,7**	**411.280**	**11.165,2**	**375.111**	**10.771,2**	**394.410**	**207.958**

Fuente: Estadística Agraria de Canarias (2000, 2005 y 2008)

PLATANERA

Taxonomía y descripción botánica

La platanera pertenece a la familia *Musaceae* y al género *Musa*. La especie cultivada comercialmente en Canarias es *M. acuminata* Colla AAA, siendo los principales cultivares "Pequeña enana", "Gran enana", "Gruesa palmera" y "Zelig".

Se trata de una planta herbácea perenne. Su sistema radicular está formado por raíces superficiales que se distribuyen en los primeros 30-40 cm del suelo. El verdadero tallo de la planta (rizoma) es parcial o totalmente subterráneo, y posee puntos de crecimiento que dan origen a pseudotallo, raíces y yemas vegetativas. Las hojas son grandes, de 2-4 m de largo y hasta 1,5 m de ancho, y están dispuestas en forma de espiral. En su tercer ciclo, la planta llega a emitir 43-46 hojas. La inflorescencia está compuesta por un eje en el que se hallan situadas en hélice las brácteas que recubren los grupos de flores hermafroditas, de las cuales, las primeras que aparecen tras el repliegue de las brácteas son de dominancia femenina, y las restantes son de dominancia masculina. El fruto es una baya oblonga.

Figura 28.1. Representación de la platanera en el momento de la fructificación

Fuente: Bakry et al. (2009)

Exigencias climáticas y edáficas

Aunque las mejores condiciones para el cultivo del plátano se sitúan entre los 15º de latitud norte y sur del ecuador, es precisamente en Canarias donde se obtienen los mejores rendimientos para esta especie (Galán Saúco, 2005).

Clima cálido, humedad en el aire constante (en torno al 60-80%), temperatura media de 22 ºC (27 ºC para una productividad óptima), y pluviometría entre 125 y 150 mm al mes, son exigencias básicas. Cuando la intensidad de la luz disminuye se puede alargar el ciclo vegetativo.

Son suelos aptos para este cultivo aquellos que presentan texturas francoarenosa, francoarcillosa, francoarcillo-limosa y francolimosa; debiendo ser fértiles, permeables, profundos, bien drenados y especialmente ricos en materia orgánica (>2,5%). La platanera presenta una gran tolerancia a la acidez del suelo, pero los valores óptimos de pH se sitúan entre 6 y 7. Además, el

suelo debe ser rico en nitrógeno, potasio y magnesio.

Necesidades de riego

La platanera es un cultivo que requiere grandes cantidades de agua y es muy sensible a la sequía, sobre todo si las temperaturas son superiores a los 20 °C, ya que dificulta la salida de las inflorescencias y provoca problemas en el desarrollo foliar. El viento tiene consecuencias irreversibles provocando transpiraciones excesivas y laceraciones de la lámina foliar con destrucción de los estomas.

La humedad del suelo debe quedar asegurada particularmente durante los meses secos del año, cuidando no regar en exceso.

Necesidades nutricionales

La platanera necesita grandes aportes de nutrientes minerales, principalmente nitrógeno y potasio, para lograr un buen desarrollo vegetativo y unas producciones óptimas en las plantaciones comerciales.

El **nitrógeno** tiene una fuerte influencia en la producción, debido al crecimiento continuo de su biomasa. Sus aportes son más importantes al final de la fase vegetativa (figura 28.2). Sin embargo, se debe controlar su fraccionamiento en función de las condiciones de temperatura y riegos (precipitaciones) para evitar pérdidas por lixiviación.

El **fósforo** es esencial en las fases juveniles, en las que las necesidades son pequeñas pero imprescindibles, y siempre teniendo en cuenta su retención por los suelos ándicos. Su efecto sobre el crecimiento radicular es particularmente importante dada la afección, sobre este cultivo, de los nemátodos.

El **potasio** no debe faltar desde la floración hasta la recolección de la fruta, a cuya alta producción y calidad contribuye relevantemente.

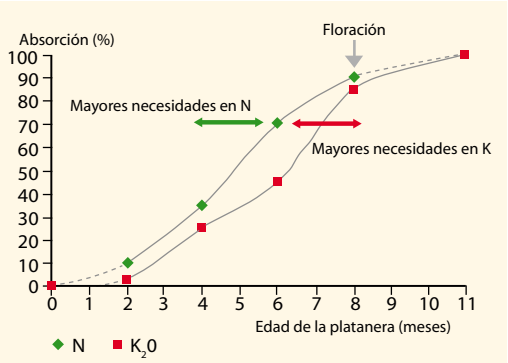
Carencia de potasio en platanera

El equilibrio general entre los macronutrientes es de: 1.0,3.1,5 ($N.P_2O_5.K_2O$), y la relación de K/Mg debe estar en torno a 0,25 en suelos arenosos y alrededor de 0,5 en suelos más pesados.

El **calcio** no se moviliza desde las hojas viejas hacia las partes jóvenes, por lo que su suministro ha de ser constante y regular.

El **magnesio** y el **azufre** son elementos con un efecto directo sobre el rendimiento del cultivo, incrementando el número y peso de los frutos.

Figura 28.2. Porcentaje de absorción en nitrógeno y potasio durante el desarrollo de la platanera en Martinica (Cirad)



Fuente: Lassoudière (2007)

Entre los **microelementos**, el zinc es el más importante. Su carencia es común en suelos con pH alcalino o con altas concentraciones de fósforo. Interviene en el crecimiento, el rendimiento del cultivo y la calidad de los frutos.

Fertilización

Para la elaboración de un programa de fertilización adecuado y racional, se han de tener en cuenta:

- El análisis físico-químico del suelo para determinar con mayor exactitud los niveles de nutrientes en el mismo, textura y características del bulbo mojable en su caso, su permeabilidad (conductividad hidráulica e infiltración), salinidad, acidez, etc. (debe realizarse al menos cada dos años).
- El análisis foliar para conocer si los niveles de nutriente en la planta son satisfactorios (anticiparse a su estado fenológico).
- El análisis del agua de riego (en primavera e invierno) y de residuos vegetales.
- Las condiciones edafoclimáticas (atendiendo a los datos facilitados por las estaciones de los Cabildos, el ICIA, etc.)

Fruto variedad "Gruesa palmera"

Un programa de abonado adecuado para la platanera se inicia en preplantación, con las enmiendas requeridas por el suelo atendiendo al análisis físico-químico del mismo. Se deben mantener los niveles adecuados de materia orgánica (MO) y de pH para el desarrollo del cultivo.

Las extracciones de cosecha por tonelada de fruta producida por la platanera son (Galán Saúco, 2005):

2 kg N; 0,6kg P_2O_5; 6,4 kg K_2O; 0,2 kg CaO; 0,5 kg MgO

Los niveles de nutrientes en las hojas, adecuados para este cultivo en Canarias, se indican en la tabla 28.2.

Tabla 28.2. Niveles de concentración de nutrientes recomendados en hoja de platanera

Elementos	Nivel adecuado (%)	Elementos	Nivel adecuado (ppm)
N	2,4-2,8	Na	<1000
P	0,18-0,22	Fe	>150
K	2,9-4,0	Zn	20-25
Ca	1,0-1,7	Mn	>80
Mg	0,3-0,5	Cu	7-10
K/Na		>5,7	
K/N		1,2-1,4	
K/(Ca+Mg)		1,8-2,2	

Fuente: Normas técnicas específicas de producción integrada en platanera, BOC nº 207 (2003)

Las dosis usuales de aplicación de nutrientes para el cultivo de la platanera en zonas tropicales se muestran en la tabla 28.3.

Tabla 28.3. Dosis usuales de nutrientes para el cultivo de la platanera. Zonas tropicales

	Unidades fertilizantes		
	N	P_2O_5	K_2O
kg/ha y año	200-450	40-96	400-1.200

Fuente: Galán Saúco (2005)

Las necesidades de fertilizantes en Canarias de la platanera se exponen en la tabla 28.4.

Tabla 28.4. Dosis usuales de nutrientes para el cultivo de la platanera. Islas Canarias

	Unidades fertilizantes *		
	N	P_2O_5	K_2O
g/planta y día	0,5-1	0,5-1	0,5-1
	Unidades fertilizantes **		
	N	P_2O_5	K_2O
g/planta y día	1-1,5	0,25-0,40	3-4,5

* Equilibrio a seguir diariamente en riego localizado durante los dos primeros meses después de los 15-20 días desde la plantación.
* * Equilibrio de continuación.

Fuente: Arroyo (1993)

AGUACATE

Descripción botánica y exigencias edafoclimáticas

El aguacate pertenece a la familia *Lauraceae*. La especie cultivada en Canarias (*Persea americana* Mill) es leñosa, de sistema radicular bastante superficial, hojas alternas y pedunculadas, e inflorescencias paniculadas y axilares. Sus frutos son bayas de una sola semilla. Los cultivares más destacados en Canarias son "Hass", "Fuerte" y algunos de raza antillana.

Temperaturas medias anuales entre 20 y 30 °C, pluviosidad anual entre 800-2.000 mm, repartida durante todo el año, y humedad atmosférica elevada, son las exigencias climáticas para el óptimo desarrollo del cultivo. El aguacate no soporta los vientos demasiado fuertes, sobre todo durante la floración e inicio del desarrollo del fruto.

Las condiciones óptimas edáficas son: suelo franco, permeable, bien drenado, rico en MO y de reacción ligeramente ácida (5,5-6,5). El exceso de conductividad es muy perjudicial para el aguacate, por lo que ésta no debe superar los 3 dS/m.

Tabla 28.5. Programa de fertirrigación en platanera para un suelo de fertilidad media

	Tenerife	La Palma	
Sistema de riego	Goteo	Aspersión	Inundación
Producción estimada	60.000 kg/ha		
Nº Plantas	1.700 plantas/ha	1.800 plantas/ha	
Fase vegetativa	Dotación: 16 l/planta ---------- 14 kg/ha y semana nitrato amónico 34,5 4 kg/ha y semana fosfato monoamónico 15 kg/ha y semana sulfato potásico 51* 14 kg/ha y semana nitrato cálcico 15,5	90 kg/ha nitrato cálcico 15,5 90 kg/ha nitrato amónico 34,5 90 kg/ha NPK 20-10-10 765 kg/ha sulfato potásico 51* 675 kg/ha superfosfato de cal 21	360 kg/ha NPK 13-13-21 360 kg/ha nitrato cálcico 15,5
Fase productiva	Dotación: 22 l/planta ---------- 18 kg/ha y semana nitrato amónico 34,5 3,5 kg/ha y semana fosfato monoamónico 25 kg/ha y semana sulfato potásico 51* 17 kg/ha y semana nitrato cálcico 15,5	270 kg/ha nitrato cálcico 15,5 360 kg/ha nitrato amónico 34,5 450 kg/ha NPK 20-10-10 450 kg/ha NPK 13-13-21 675 kg/ha sulfato potásico 51*	720 kg/ha NPK 13-13-21

NOTA: Se trata de una recomendación de carácter general. Para cada caso concreto habrá que realizar el correspondiente análisis de suelo, de agua y foliar.
*Soluble y ácido (pH 10% = 2).

Fuente: CESA. Laboratorio de Diagnóstico Agrícola I+D (2010)

Plantación de aguacates

La extracción de nutrientes es variable en el aguacate, y depende de la variedad, disponibilidad y productividad del árbol.

Según Téliz y Mora (2007), las cantidades a aplicar de macro y micronutrientes para una producción de 10 toneladas de fruta se indican en la tabla 28.7.

También es recomendable aplicar, por medio de fertilizantes foliares, microelementos como cobre, zinc, manganeso y boro una o dos veces al año.

Necesidades de riego y fertilización

La cantidad de agua necesaria varía en función de las necesidades de cada variedad, de la pluviometría registrada (riego) en cada época del año y, finalmente, de la capacidad de retención del suelo.

En el caso de iniciar una nueva plantación, previamente se procederá a realizar las enmiendas oportunas para establecer unas condiciones óptimas de MO, nutrientes y pH para el cultivo.

Tabla 28.8. Programa de abonado en aguacate para un suelo de fertilidad media

Sistema de riego	Aspersión
Producción	80-100 kg/árbol
Marco de plantación	5 x 5 m
Árboles con menos de 8 años	360 g/planta y año nitrato cálcico 15,5 210 g/planta y año fosfato monoamónico 340 g/planta y año sulfato potásico 51 340 g/planta y año sulfato amónico 21 50 g/planta y año nitrato amónico 34,5 32 g/planta y año mix (microelementos)
Árboles con más de 8 años	1.100 g/planta y año nitrato cálcico 15,5 390 g/planta y año fosfato monoamónico 1.040 g/planta y año sulfato potásico 51 1.040 g/planta y año sulfato amónico 21 220 g/planta y año nitrato amónico 34,5 60 g/planta y año mix (microelementos)

NOTA: Se trata de una recomendación de carácter general. Para cada caso concreto habrá que realizar el correspondiente análisis de suelo, de agua y foliar.

Fuente: CESA. Laboratorio de Diagnóstico Agrícola I+D (2010)

Tabla 28.6. Extracción de nutrientes del aguacate (kg nutrientes/ha)
(Para una producción de 10 t/ha)

Cultivar	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn
Fuerte1,2	11,3	1,7	19,5	2,1	5	0,09	0,01	0,04
Hass3	28	10,6	67	5,6	11,3	0,12	0,14	0,39

Fuentes: 1) Hort Research (1995); 2) Lahav (1995); 3) Arpaia (1999)

Tabla 28.7. Fertilización anual del aguacate (kg nutrientes/ha)
(Para suplementar las extracciones de la planta y mantener así la fertilidad del suelo)

Cultivar	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn
Hass1	200	200	300	25	5	1	-	1,5

Fuente: Sánchez (2002) y Tapia (2005) (Téliz y Mora (2007))

MANGO

Descripción botánica y exigencias edafoclimáticas

Mangifera indica L. es una especie arbórea de hojas perennes perteneciente a la familia Anacardiaceae, y con un sistema radicular bien desarrollado. Se adapta a condiciones de precipitaciones variables, es sensible al viento, y requiere suelos de buena estructura, profundos y con buen drenaje y pH comprendido entre 5,5 y 7.

Tabla 28.10. Programa de abonado en mango para un suelo de fertilidad media

Sistema de riego	Goteo
Producción	80-100 kg/árbol
Dotación	7.800-9.000 l/planta y año
Marco de plantación	4 x 3 m
Árboles con menos de 4 años	15 g/planta y año nitrato cálcico 15,5 130 g/planta y año fosfato monoamónico 22 g/planta y año nitrato potásico
Árboles con más de 4 años	33 g/planta y año nitrato cálcico 15,5 140 g/planta y año fosfato monoamónico 92 g/planta y año nitrato potásico

NOTA: se aplica el potasio sólo en la fase de cuajado-producción para evitar los problemas de ablandamiento de la pulpa.
Se trata de una recomendación de carácter general. Para cada caso concreto habrá que realizar el correspondiente análisis de suelo, de agua y foliar.

Fuente: CESA. Laboratorio de Diagnóstico Agrícola I+D (2010)

Necesidades de riego y fertilización

Los requerimientos en agua de riego varían en función de la edad de la planta, las condiciones climáticas y el suelo. Un consumo orientativo es del orden de los 6.000 m³/ha y año bajo riego localizado.

Magifera indica L. en floración

La extracción de nutrientes puede cifrarse, por tonelada de fruta cosechada, en torno a:

750 g N; 400 g P_2O_5 y 1.500 g K_2O

En función de la edad de la planta, podemos aplicar el programa de fertilización de la tabla 28.9.

Se debe tener en cuenta que en los suelos se presentan, con frecuencia, deficiencias en microelementos, especialmente de hierro y de zinc. Para su control se pueden aplicar, en el caso del hierro, quelatos (100-200 g/árbol), y en el del zinc, aspersiones foliares al 1% realizadas una vez al año y preferentemente en primavera.

Tabla 28.9. Programa de abonado en mango
(Según edad de la planta)

Edad de la planta (años)	Abonos (kg/árbol y año)			
	Nitrato amónico cálcico	Superfosfato de cal	Sulfato potásico	Sulfato magnésico
1	0,25	0,5	-	-
2-3	0,5	1,0	-	-
4-5	1,0	2,0	0,55	0,1
6-7	1,5	2,25	0,85	0,2
8-9	2,0	2,25	1,4	0,25
>10	2,5	2,25	1,65	0,3

NOTA: Para evitar en lo posible la floración los primeros años no se aporta K al cultivo.

Fuente: Galán Saúco et al. (1987)

Cultivo en invernadero de papaya (híbrido)

PAPAYA

Descripción botánica y exigencias edafoclimáticas

La *Carica papaya* L. es una planta herbácea de crecimiento rápido perteneciente a la familia *Caricaceae*. Para su óptimo desarrollo requiere temperaturas alrededor de los 25 °C, y suelos con buena estructura, drenaje y aireación, ricos en MO, y con pH comprendido entre 5,5 y 6,5.

Necesidades de riego y fertilización

El cultivo de papaya se realiza principalmente bajo invernadero y mediante riego por goteo. Las necesidades hídricas del mismo son del orden de 6-12 l/planta y día. Sin embargo, los nuevos híbridos de papaya que se cultivan actualmente en Canarias presentan consumos más elevados, llegando a requerir en verano unos 32 l/planta y día.

La papaya extrae grandes cantidades de elementos nutritivos (tabla 28.11).

Tabla 28.11. Extracción de elementos nutrientes por tonelada de fruta en *C. papaya* L.

Elementos	Cantidad (kg)	Elementos	Cantidad (g)
N	1,70-1,77	Bo	0,90-0,99
P	0,20-0,25	Cu	0,30-0,33
K	1,20-2,12	Fe	2,60-3,36
Ca	0,23-0,35	Mn	0,80-1,85
Mg	0,18-0,32	Mo	0,005-0,008
S	0,14-0,20	Zn	1,00-1,39

Fuente: Castro et al. (2000)

Tabla 28.12. Programa de abonado en los cultivares tradicionales de papaya para un suelo de fertilidad media

Sistema de riego	Goteo
Producción	50 kg/planta
Densidad de plantación	1,7 plantas/ha
Recomendación general	195 g/planta y año nitrato amónico 34,5 81 g/planta y año sulfato amónico 21 65 g/planta y año fosfato monoamónico 336 g/planta y año nitrato potásico 585 g/planta y año nitrato cálcico 15,5

NOTA: Se trata de una recomendación de carácter general. Para cada caso concreto habrá que realizar el correspondiente análisis de suelo, de agua y foliar.

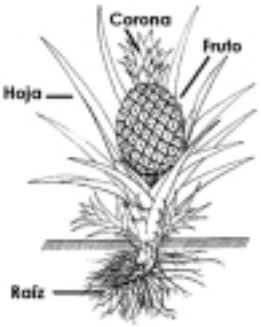
Fuente: CESA. Laboratorio de Diagnóstico Agrícola I+D (2010)

PIÑA TROPICAL

Descripción botánica y exigencias edafoclimáticas

La piña tropical (*Ananas comosus* (L.) Merr.) pertenece a la familia *Bromeliaceae*. Es una planta herbácea perenne, de tallo corto y grueso.

Figura 28.3. Representación de piña tropical



El cultivo de la piña precisa una temperatura media anual de 25-32 °C, y suelos con buen drenaje, ricos en MO, de pH ácido entre 4,5-5,5 y de baja conductividad eléctrica, lo que hace recomendar la acidificación con ácido sulfúrico o azufre (3-4 t/ha) en las condiciones de Canarias.

Necesidades de riego y fertilización

El sistema de riego más frecuente es la aspersión, aunque también se emplea el goteo. El consumo de agua se estima en unos 7.500 m^3/ha y año.

Las extracciones por hectárea para un cultivo de piña y una producción de 55 toneladas son las siguientes (Geus, 1973):

205 kg N; 58 kg P_2O_5; 393 kg K_2O; 121 kg CaO y 42 kg MgO

Dado que se trata de una planta que requiere suelos ácidos, en Canarias, previamente a la plantación, normalmente se deben realizar enmiendas para acidificar el suelo. También, debido a la calidad de las aguas, procedentes en muchos casos de galerías con alto contenido en carbonatos y bicarbonatos, se requiere el empleo de ácidos o fertilizantes de reacción ácida para contribuir a mejorar las condiciones para el desarrollo de este cultivo.

Plantas de piña tropical

Tabla 28.13. Ejemplo de distribución de elementos fertilizantes durante un ciclo productivo (g/planta/fase cultivo)

	Fase inicial (2-4 meses)	Fase de máximo crecimiento vegetativo (6-8 meses)	Inducción floral (2 meses)	Fructificación (3-4 meses)
N	1,0	5,0	0,5	0,5
P_2O_5	0,6	2,0	0,5	0,4
K_2O	1,5	8,0	2,0	2,0

Fuente: Galán Saúco (2005)

Tabla 28.14. Programa de abonado en piña tropical para un suelo de fertilidad media

Sistema de riego	Aspersión
Producción	1,3 kg/planta
Densidad de plantación	3,1 plantas/m^2
Nº plantas	1.000
Fase inicial (3 meses)	150 g/semana sulfato amónico 21 55 g/semana sulfato potásico 51 50 g/semana nitrato cálcico 15,5 35 cm^3/semana ácido fosfórico 75 50 cm^3/semana ácido nítrico 68
Primera fase (5 meses)	150 g/semana sulfato amónico 21 255 g/semana sulfato potásico 51 450 g/semana nitrato cálcico 15,5 85 cm^3/semana ácido fosfórico 75 45 cm^3/semana ácido nítrico 68
Segunda fase (6 meses)	550 g/semana sulfato amónico 21 520 g/semana sulfato potásico 51 150 g/semana nitrato cálcico 15,5 35 cm^3/semana ácido fosfórico 75 15 cm^3/semana ácido nítrico 68
Inducción floral (3 meses)	190 g/semana sulfato amónico 21 320 g/semana sulfato potásico 51 500 g/semana nitrato cálcico 15,5 25 cm^3/semana ácido fosfórico 75 50 cm^3/semana ácido nítrico 68
Recolección	65 g/semana sulfato amónico 21 240 g/semana sulfato potásico 51 200 g/semana nitrato cálcico 15,5 35 cm^3/semana ácido fosfórico 75 20 cm^3/semana ácido nítrico 68

NOTA: Se trata de una recomendación de carácter general. Para cada caso concreto habrá que realizar el correspondiente análisis de suelo, de agua y foliar.

Fuente: CESA. Laboratorio de Diagnóstico Agrícola I+D (2010)

Bibliografía

- Arroyo, A., 1993. El mal de Panamá. Recomendaciones técnicas para el cultivo de la platanera en Canarias. Cuaderno de divulgación 2/93. Gobierno de Canarias. Consejería de Agricultura y Alimentación. 14 p.
- BOC (Boletín Oficial de Canarias) nº 207. 2003. Normas Técnicas Específicas de Producción Integrada en Platanera.
- Cabildo Insular Tenerife. 1984. Jornadas piña tropical.
- Castro, L.; Alberto, L. y Aranguren, M., 2000. Fundamentos teórico-prácticos sobre el cultivo y cosecha de la papaya (Carica papaya (L.)). Facultad de agronomía. Matanzas. 21 p.
- CESA (Canarias Explosivos, S.A.), 2010. Comunicación personal.
- Galán Saúco, V; Rodríguez, MC. y Espino, A., 1995. Técnicas de cultivo de la papaya en Canarias. 2ª edición. Cuaderno de divulgación 1/95. Gobierno de Canarias. 16 p.
- Galán Saúco, V., 2005. Frutos tropicales y subtropicales. En: Mateo Box, J. 2005. Prontuario de Agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 824-903 p.
- Galán Saúco, V., 2007. Adaptación y desarrollo de frutales tropicales y subtropicales menores en España. XI Congreso SECH. Actas de Horticultura nº 48. Albacete. 360-369 p.
- Gobierno de Canarias, 2009. Estadística Agraria de Canarias 2008. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. 24 p.
- Lassoudière, A., 2006. Le bananier et sa culture. Ed. Quae. Paris. 383 p.
- Martin-Prével, P.; Gagnard, J. y Gautier, P., 1984. L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées & tropicales. Ed. Lavoisier. 810 p.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), 1983. Cultivo y producción de frutales tropicales. España. 231 p.
- MARM (Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino), 2009. Anuario de Estadística Agroalimentaria y Pesquera 2008. Madrid. 1.150 p.
- Ministerio des Affaires Étrangères. 2006. Memento de l'agronome. Ed. Cirad-Gret. Francia. 1.691p.
- Ochse, J.; Soule, JR.; Dijkman, M. y Wehlburg, C., 1972. Cultivo y mejoramiento de las plantas tropicales y subtropicales. Volumen I. Ed. Limusa. Mexico. 828 p.
- Yara. Banana Plantmaster. 42 p.
- Py, C., Lacoeuilhe, J.J., Teisson, C., 1984. L'ananas: sa culture, ses produits. Éditions G.-P. Maisonneuve & Larose. Paris. 562 pp.
- Robinson, J.C., 1996. Bananas and plantains. Crop production science in horticulture 5. CAB International. Wallingford. 238 p.
- Simmonds, N. W., 1973. Los plátanos. Ed. Blume. Barcelona, España.
- Téliz, D. y Mora, A., 2007. El aguacate y su manejo integrado. 2ª ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 321

Figuras y Tablas
Parte II

Figuras

16.1 Influencia de la dosis de nitrógeno en el rendimiento y contenido de proteína del trigo 126

19.1 Serie histórica de superficie y rendimiento de la patata 150

23.1 Ritmo de absorción de nutrientes por el cultivo de brócoli 183

24.1 Dosis anual estándar de N inundación, N goteo, P_2O_5, K_2O, MgO, Fe inundación y Fe goteo. Cítricos 199

28.1 Representación de la platanera en el momento de la fructificación 236

28.2 Porcentaje de absorción en nitrógeno y potasio durante el desarrollo de la platanera en Martinica (Cirad) 237

28.3 Representación de piña tropical 243

Tablas

Cereales de invierno: trigo y cebada

16.1 Superficie de cereales de invierno en España (000 ha) 123

16.2 Extracciones medias de nutrientes de los cereales 125

16.3 Influencia de la dosis de nitrógeno fertilizante en los índices de calidad del trigo harinero (cv. Gazul) 127

16.4 Influencia de la dosis de nitrógeno fertilizante en los índices de calidad del trigo duro (c.v. D. Pedro) 127

16.5 Recomendaciones de abonado para el trigo y la cebada 132

16.6 Programa de fertilización para el trigo en base a diferentes producciones (P) 133

Cereales de primavera: maíz

17.1 Superficie de maíz por CC.AA. (000 ha). Año 2009 135

17.2 Extracción de nutrientes principales y secundarios por la parte aérea del maíz 137

17.3 Extracción de nutrientes principales por la parte aérea del maíz 137

17.4 Extracción y exportación real de nutrientes principales por la parte aérea del maíz 137

17.5 Extracción de microelementos para una cosecha de 18,7 t de grano de maíz 137

17.6 Necesidades (kg/t grano) 140

17.7 Necesidades (kg para una producción de 12 t de grano/ha) 140

17.8 Nutrientes a aportar a través de la fertilización (kg/ha) 141

17.9 Programa de fertilización 141

Leguminosas de grano

18.1 Superficie leguminosas de grano (000 ha) 145

18.2 Superficie de leguminosas por CC.AA. (000 ha). Año 2007 145

18.3 Especies de *Rhizobium* y leguminosas de grano a las que nodula 146

18.4 pH óptimo para el cultivo de las diferentes leguminosas de grano 147

18.5 Extracciones medias de las leguminosas de grano (kg/t grano) 147

18.6 Recomendaciones de abonado para leguminosas (kg/ha) 148

Patata

19.1 Resumen nacional de superficie, rendimiento y producción de cultivos tuberosos cultivados en España. Año 2007 149

19.2 Distribución por CC.AA. de las superficies y producciones. Año 2007 151

19.3 Serie histórica de superficie y producción según épocas de recolección 151
19.4 Programas de fertilización de patata para diferentes rendimientos 154

CULTIVOS INDUSTRIALES: REMOLACHA AZUCARERA Y ALGODÓN

20.1 Superficie y producción de remolacha azucarera por zonas 156
20.2 Extracciones medias en recolección para rendimientos altos (kg/t producida) 157
20.3 Recomendación de fertilización con nitrógeno en función del nivel de materia orgánica (MO) en el suelo (kg/ha). Remolacha siembra primaveral 158
20.4 Recomendación de fertilización con nitrógeno (total del ciclo). Remolacha siembra otoñal 158
20.5 Recomendación de fertilización con nitrógeno en la 2ª cobertera (kg N/ha). Remolacha siembra otoñal 158
20.6 Recomendación de fertilización con fósforo (kg/ha) 159
20.7 Recomendación de fertilización con potasio (kg/ha).....159
20.8 Superficie, producción y rendimientos de algodón.....161
20.9 Extracciones medias de macronutrientes en recolección (kg/t de fibra de algodón producida).....161
20.10 Niveles de nutrientes en el limbo en la época de floración 163

OLEAGINOSAS HERBÁCEAS: GIRASOL, COLZA Y SOJA

21.1 Evolución de las superficies de oleaginosas cultivadas en España (000 ha) 165
21.2 Superficie de girasol por CC.AA. (ha). Año 2007 166
21.3 Programas de fertilización del girasol para diferentes producciones (P) y clases de suelos.....169
21.4 Programas de fertilización de la colza para diferentes producciones (P) y clases de suelos.....170
21.5 Programas de fertilización de la soja para diferentes producciones (P) y clases de suelos.....171

CULTIVOS FORRAJEROS

22.1 Acidez y dosis recomendadas de encalante para corregirla,en función del aluminio presente en el complejo de cambio del suelo 177
22.2 Prados, praderas y alfalfa. Abonado fosfatado, establecimiento y mantenimiento (kg P_2O_5/ha) 179
22.3 Prados, praderas y alfalfa. Abonado potásico, establecimiento y mantenimiento (kg K_2O/ha) 179
22.4 Cultivos forrajeros anuales. Abonado fosfatado (kg P_2O_5/ha).....180
22.5 Cultivos forrajeros anuales. Abonado potásico (kg K_2O/ha) 180

CULTIVOS HORTÍCOLAS

23.1 Superficie de cultivo y producción de los principales cultivos hortícolas en España. Año 2007 182
23.2 Distribución de la superficie dedicada a cultivos hortícolas en las diferentes CC.AA. (ha). Año 2007 182
23.3.1 Extracción del suelo de N para los cultivos más importantes y contenido aproximado de N en los residuos de cosecha para las producciones señaladas 184
23.3.2 Extracción del suelo de P_2O_5 para los cultivos hortícolas más importantes y contenido aproximado de P_2O_5 en los residuos de cosecha para las producciones señaladas 184
23.3.3 Extracción del suelo de K_2O para los cultivos hortícolasmás importantes y contenido aproximado de K_2O en los residuos de cosecha para las producciones señaladas 185
23.4 Necesidades aproximadas de N, P_2O_5 y K_2O de diferentes cultivos hortícolas para los niveles de producción indicados con riego por surcos 189

CÍTRICOS

24.1 Superficie total de los principales cultivos de cítricos en España (000 ha). Año 2007.....194
24.2 Necesidades nutritivas de los agrios 197
24.3 Dosis anual estándar (y:g/árbol) en función del diámetro de copa (x:cm) 198
24.4 Dosis máxima anual estándar para cítricos en función del máximo desarrollo del arbolado para el marco típico de plantación de cada grupo de variedades 200
24.5 Niveles foliares de referencia de macro y micronutrientes en cítricos.....200
24.6 Factores de corrección recomendados en riego a goteo según el análisis foliar 201
24.7 Aportación de nitrógeno por el agua en riego a goteo.....201
24.8 Aportación de magnesio por el agua en riego a goteo.....201
24.9 Distribución mensual de los nutrientes sobre la dosis total en plantones (%) 202
24.10 Distribución mensual de los nutrientes sobre la dosis total en variedades tempranas (%).....202
24.11 Distribución mensual de los nutrientes sobre la dosis total en variedades tardías (%) 202
24.12 Ejemplo de corrección de dosis de abono a aplicar en función del análisis foliar.....203

Frutales caducifolios

25.1 Distribución de las superficies de frutales en España (ha). Año 2007 205
25.2 Distribución de las superficies de frutales por CC.AA. (ha). Año 2007 206
25.3 Distribución de la superficie de almendro por CC.AA. (ha). Año 2007 206
25.4 Cantidades de fósforo y potasio exportadas por los árboles de la plantación 207
25.5 Cantidades máximas anuales que deben aportarse de fósforo y potasio 208
25.6 Estimación de la evolución de extracciones de nitrógeno en el proceso de formación del árbol (kg N/ha) 208
25.7 Extracciones netas de nitrógeno por los árboles 209
25.8 Abonado recomendado para distintas especies de fruta dulce y almendro (kg/ha) 210
25.9 Distribución temporal de las necesidades de nutrientes del cultivo (%) 210
25.10 Épocas de muestreo de hojas en frutales 211
25.11 Niveles críticos de elementos minerales en hoja de árboles frutales caducifolios 212

Viñedo

26.1 Superficie y rendimientos del viñedo en España, según el destino de la producción. Año 2007 214
26.2 Exportaciones de macroelementos: hojas, racimos y sarmientos (kg/ha) 215
26.3 Valores medios de elementos minerales de limbo y peciolo durante el envero 218
26.4 Abonado del mantenimiento del viñedo (kg/ha) 220

Olivar

27.1 Principales países productores de aceite de oliva (000 t) 223
27.2 Distribución de la superficie de olivo por CC.AA. (ha). Año 2007 224
27.3 Evolución de la superficie de riego por goteo en el olivar (ha) 225
27.4 Extracción de nutrientes 226
27.5 Niveles críticos en hojas de olivo 227
27.6 Deficiencias nutritivas en el olivar 229
27.7 Recomendación de abonado del olivo (kg/ha) 230
27.8 Recomendación de abonado del olivo en fertirrigación (kg/ha) 231
27.9 Aportaciones mensuales de nutrientes en fertirrigación (%) 231

Frutales tropicales y subtropicales en las Islas Canarias

28.1 Evolución de la superficie de cultivo (ha) y de la producción (t) de los principales cultivos tropicales y subtropicales de Canarias 236
28.2 Niveles de concentración de nutrientes recomendados en hoja de platanera 238
28.3 Dosis usuales de nutrientes para el cultivo de la platanera. Zonas tropicales 238
28.4 Dosis usuales de nutrientes para el cultivo de la platanera. Islas Canarias 239
28.5 Programa de fertirrigación en platanera para un suelo de fertilidad media 239
28.6 Extracción de nutrientes del aguacate (kg nutrientes/ha) (para una producción de 10 t/ha) 240
28.7 Fertilización anual del aguacate (kg nutrientes/ha) (para suplementar las extracciones de la planta y mantener así la fertilidad del suelo) 240
28.8 Programa de abonado en aguacate para un suelo de fertilidad media 240
28.9 Programa de abonado en mango (según edad de la planta) 241
28.10 Programa de abonado en mango para un suelo de fertilidad media 241
28.11 Extracción de elementos nutrientes por tonelada de fruta en C. papaya (L.) 242
28.12 Programa de abonado en los cultivares tradicionales de papaya para un suelo de fertilidad media 242
28.13 Ejemplo de distribución de elementos fertilizantes durante un ciclo productivo (g/planta/fase cultivo) 243
28.14 Programa de abonado en piña tropical para un suelo de fertilidad media 244

GUÍA PRÁCTICA DE LA FERTILIZACIÓN RACIONAL DE LOS CULTIVOS EN ESPAÑA

Apéndice

Legislación

29 LEGISLACIÓN SOBRE FERTILIZANTES

El Reglamento (CE) nº 2003/2003, relativo a los abonos, y el Real Decreto 824/2005, sobre productos fertilizantes, se centran exclusivamente en definir las características y requisitos que deben cumplir estos productos, por lo que *únicamente pueden utilizarse en la agricultura como **abonos** o **enmiendas** aquellos productos que cumplan con las especificaciones indicadas en los anexos I de ambas disposiciones*. Estas mismas regulan además su envasado, identificación y **etiquetado**, y establecen las medidas para su **control**.

Todos los productos fertilizantes deben cumplir tres requisitos básicos:

- Aportar nutrientes a las plantas de manera eficaz (**abonos**) o mejorar las propiedades del suelo (**enmiendas**).
- Disponer de métodos adecuados de toma de muestras, de análisis y de ensayo, para poder comprobar sus riquezas y cualidades.
- En condiciones normales de uso, no producir efectos perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

REGLAMENTO (CE) nº 2003/2003

El Reglamento (CE) nº 2003/2003, fue aprobado por codecisión del Parlamento Europeo y del Consejo, el 13 de octubre de 2003 y publicado en el DOUE el 21 de noviembre de ese mismo año. Es una recopilación y actualización de todas las Directivas relativas a los abonos, que desde el año 1976 se fueron publicando para regular estos productos. Está dedicado exclusivamente a **abonos minerales**, que puedan identificarse y etiquetarse como "**ABONOS CE**", y prevé la aprobación de nuevos tipos, de acuerdo con el procedimiento establecido en el propio Reglamento.

Estructura y adaptaciones al progreso técnico

El Reglamento (CE) nº 2003/2003 establece distintas consideraciones previas y consta de 4 títulos, que se desglosan en 38 artículos, y de 5 anexos.

En base a lo indicado en el artículo 31 del Reglamento, los anexos pueden modificarse para adaptarse al progreso técnico.

Reglamento (CE) nº 2003/2003, relativo a los abonos

ESTRUCTURA

Consideraciones previas justificativas del Reglamento

Articulado	**Artículos**
Título I - Disposiciones generales	1-15
Título II - Disposiciones relativas a tipos específicos de abono	16-28
Capítulos: • Abonos inorgánicos con nutrientes principales • Abonos inorgánicos con nutrientes secundarios • Abonos inorgánicos que contienen micronutrientes • Abonos a base de nitrato amónico con alto contenido en nitrógeno	
Título III - Evaluación de la conformidad de los abonos (Medidas de control y laboratorios de análisis)	29-30
Título IV - Disposiciones finales	31-38
Capítulos: • Adaptación de los anexos • Disposiciones transitorias • Disposiciones finales	

Anexos

I	Relación de "Abonos CE", con sus especificaciones
II	Márgenes de tolerancia
III	Disposiciones técnicas relativas a los abonos a base de nitrato amónico con alto contenido en nitrógeno
IV	Métodos de toma de muestras y análisis
V	A. Expediente técnico para añadir un nuevo tipo de abono B. Normas de acreditación de laboratorios competentes y autorizados

Reglamento (CE) nº 2003/2003, relativo a los abonos

ADAPTACIONES AL PROGRESO TECNICO

- 1ª. Reglamento (CE) nº 2076/2004 de la Comisión, que adapta por primera vez el anexo I (**EDDHSA y superfosfato triple**)

(Publicado en el DOUE el 4 de diciembre de 2004)

- 2ª. Reglamento (CE) nº 162/2007 de la Comisión, para adaptar al progreso técnico los anexos I y IV (**quelatos de hierro, agentes quelantes y corrección de métodos de análisis**)

(Publicado en el DOUE el 20 de febrero de 2007)

- 3ª. Reglamento (CE) nº 1107/2008 de la Comisión, para adaptar al progreso técnico los anexos I y IV (**sulfato amónico, inhibidores de la nitrificación y de la ureasa, y corrección de la concentración de yodo en los métodos de análisis**)

(Publicado en el DOUE el 8 de noviembre de 2008)

- 4ª. Reglamento (CE) nº 1020/2009 de la Comisión, por el que se adaptan al programa técnico los anexos I, II, III y IV.

(fosfato roca con magnesio, sulfato de magnesio con micronutrientes, analítica del nitrato amónico, actualización de métodos de análisis y requisitos para autorización de laboratorios de control).

(Publicado en el DOUE el 29 de octubre de 2009)

Riego pivot

REAL DECRETO 824/2005

El Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, se publicó en el BOE de 19 de julio de 2005, y tiene como objeto establecer la norma básica en España sobre **productos fertilizantes**, regulando aspectos concretos del Reglamento (CE) nº 2003/2003, cuya concreción y desarrollo fueron encomendados a los Estados miembros.

Otros de los fines de este Real Decreto son:

- Definir y tipificar los productos fertilizantes, distintos de los "Abonos CE"; cuya comercialización se permite en España, especialmente abonos de origen orgánico y todas las enmiendas.
- Garantizar los contenidos y características de los productos amparados por esta normativa.
- Regular la inscripción previa de determinados productos en un Registro específico para ellos.

Estructura, desarrollo y modificaciones

El Real Decreto 824/2005 se inicia con una exposición de motivos y consta de 7 capítulos, que se desglosan en 33 artículos, además de disposiciones adicionales (5), transitorias (2) y finales (3), y se complementa con 7 anexos.

Como en el caso de la normativa europea, el propio Real Decreto establece un procedimiento para actualizar sus anexos y adecuarlos al progreso técnico.

Real Decreto 824/2005, sobre productos fertilizantes

ESTRUCTURA

Exposición de motivos

Articulado	**Artículos**
Capítulo I - Disposiciones generales	1-6
Capítulo II - Envasado e identificación	7-10
Capítulo III - Puesta en el mercado	11-15
Capítulo IV - Materias primas	16-20
Capítulo V - Registro de productos fertilizantes (fabricados con materias de origen orgánico)	21-26
Capítulo VI - Adaptación de los anexos	27-28
Capítulo VII - Controles y régimen sancionador	29-33
Disposiciones adicionales (5), transitorias (2) y finales (3)	

Anexos

I	Relación de tipos de productos fertilizantes (7 grupos)
II	Disposiciones generales de identificación y etiquetado
III	Márgenes de tolerancia
IV	Lista de residuos orgánicos biodegradables
V	Criterios aplicables a los productos fertilizantes de origen orgánico
VI	Métodos analíticos
VII	Instrucciones para la inclusión de un nuevo tipo en la relación de productos fertilizantes

Real Decreto 824/2005, sobre productos fertilizantes

DESARROLLO

- Orden APA/260/2006, de 31 de enero, por la que se aprueba el modelo normalizado de comunicación al **Registro de Productos Fertilizantes**

(Publicada en el BOE de 9 de febrero de 2006)

- Orden APA/1593/2006, de 19 de mayo, por la que se crea y regula el **Comité de Expertos** en Fertilización

(Publicada en el BOE de 26 de mayo de 2006)

- Requisitos para la **Certificación de Fabricantes** de productos fertilizantes conforme al Real Decreto

(Instrucciones publicadas en la página web del MARM el 30/11/2007)

Real Decreto 824/2005, sobre productos fertilizantes

MODIFICACIONES

- Real Decreto 1769/2007, de 28 de diciembre, por el que posibilita el **transporte a granel de abonos clasificados como peligrosos**, si se realiza de acuerdo con el ADR

(Publicado en el BOE de 18 de enero de 2008)

- Orden APA/863/2008 de 25 de marzo, por la que se **modifican los Anexos I, II, III y IV** del Real Decreto, al objeto de adecuarlos al progreso técnico

(Publicada en el BOE de 25 de abril de 2008 y una corrección de errores el 31 de julio de 2008)

ASPECTOS DESTACADOS DEL REGLAMENTO (CE) nº 2003/2003 Y DEL REAL DECRETO 824/2005

Como aspectos relevantes de ambas legislaciones cabría destacarse los siguientes:

- Se establecen una serie de conceptos con sus definiciones, tales como:
  - Abono o fertilizante y enmienda.
  - Abono compuesto, complejo y de mezcla.
  - Contenidos, riquezas y tolerancias.
  - Normas y métodos de análisis.
  - Envasado y granel.
  - Fabricante, como responsable de la puesta en el mercado.
- Identificación y etiquetado de los tipos autorizados de fertilizantes.
- Regulación específica de los abonos a base de nitrato amónico con alto contenido en nitrógeno (>28% en masa).

- Requisitos de los responsables de su puesta en el mercado, que tienen que estar establecidos en la Comunidad Europea y, en el caso de abonos de obligada inscripción en el Registro, también en España.
- Creación del Registro de productos fertilizantes en el cual es preceptivo inscribir los abonos y enmiendas que utilizan materia orgánica en su fabricación.
- Establecimiento de un procedimiento para el control, por parte de la Administración Autonómica y Central, de lo regulado en el Reglamento (CE) y en el Real Decreto.
- Adaptación al progreso técnico y al avance en los conocimientos científicos de ambas disposiciones, mediante un Comité que asiste a la Comisión en la revisión del Reglamento y un Comité de Expertos que asesora al Gobierno de España en la actualización del Real Decreto.

Los abonos CE y demás productos (salvo los de inscripción obligatoria en el Registro) pueden comercializarse libremente en España, siempre que cumplan con los contenidos y características especificadas para cada tipo y se identifiquen y etiqueten correctamente.

30 LEGISLACIÓN SOBRE FERTILIZACIÓN

Las reglamentaciones europeas y españolas se encargan fundamentalmente de regular las características que deben cumplir los abonos y enmiendas para ser utilizados en la agricultura y, salvo en casos muy concretos y especiales que se citan a continuación, *no existe una reglamentación de carácter general que limite o fije las dosis o épocas de abonado*.

Aparato de absorción atómica para análisis de macro y micronutrientes metálicos

Además de las dos normas que se exponen con más detalle seguidamente, **el Reglamento (CE) nº 1881/2006** de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, establece en su artículo 9 que los Estados Miembros controlarán el **contenido de nitratos en las hortalizas** que puedan contenerlos en niveles importantes, en particular en las hortalizas de hoja verde. En concreto, establece *límites para espinacas y lechugas*, que son controlados en producto final, por las Comunidades Autónomas y la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN).

REAL DECRETO 261/1996

El Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, trata sobre la **protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos** procedentes de fuentes agrarias. Es una transposición de la Directiva del Consejo 91/676/CEE.

Los puntos más esenciales que se recogen en este Real Decreto son:

- **Objeto**: corregir y prevenir la contaminación de las aguas causada por los nitratos de origen agrario.

- **Zona Vulnerable**: superficie cuya escorrentía o filtración afecta o puede afectar a la contaminación de las aguas superficiales, subterráneas (concentración de nitratos superior a 50 mg/l), embalses, lagos, charcas, etc.

Estas zonas son designadas por las CC.AA. y comunicadas a la Comisión Europea a través del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM), debiendo revisarse cada cuatro años.

Cerca de ocho millones de hectáreas están catalogadas en España como Zona Vulnerable.

- **Código de Buenas Prácticas Agrarias**: todas las CC.AA. han elaborado y comunicado a la Comisión Europea, a través del antiguo Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, sus respectivos códigos, con la finalidad de reducir la contaminación producida por los nitratos de origen agrario.
  Estos códigos de buenas prácticas agrarias ***no son obligatorios***, siendo los propios agricultores los que deciden voluntariamente su puesta en práctica.
- **Programas de Actuación**: para las zonas designadas como vulnerables, las CC.AA. establecen estos programas que ***son de obligado cumplimiento*** y contemplan una serie de medidas recogidas en el anejo 2 del R.D. 261/1996, entre las que cabría destacar:
  - Periodos en los que está prohibida la aplicación de determinados tipos de fertilizantes.
  - Limitaciones en las dosis de abonado, considerando tipo de suelo, cultivos y rotación, prácticas agrícolas, aportes por excrementos animales, etc. No se permite incorporar más de 170 kg/año de nitrógeno procedente del estiércol.
  - Dimensionamiento de estercoleros.

La Administración Española está obligada a informar periódicamente a la Comisión Europea de las medidas y controles en aplicación de esta Directiva. De acuerdo con esta exigencia,

Columnas de lixiviación para ensayos con fertilizantes

los reales decretos que regulan la aplicación de la **condicionalidad**, en relación con las ayudas directas en el marco de la Política Agrícola Común (PAC) indican la obligatoriedad de los agricultores y ganaderos de cumplir con las medidas establecidas en el correspondiente programa de actuación, cuando su explotación se encuentra en una Zona Vulnerable.

REAL DECRETO 1310/1990

El Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, **regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario**. Es una transposición de la Directiva del Consejo 86/277/CEE).

Los puntos más importantes de este Real Decreto son los siguientes:

- **Objeto**: regular la utilización en la actividad agraria de los lodos tratados y amparados por la documentación establecida en el propio Real Decreto 1310/1990.
- **Prohibiciones**. Se establecen las siguientes:
  - Aplicación de lodos en praderas, pastizales y demás aprovechamientos a utilizar en pastoreo directo por el ganado, con una antelación menor de tres semanas, respecto a la fecha de comienzo del citado aprovechamiento directo.
  - Aplicación de lodos en cultivos hortícolas y frutícolas, durante su ciclo vegetativo, con la excepción de los árboles frutales, o en un periodo menor de diez meses antes de la recolección y durante la recolección misma, cuando se trate de cultivos hortícolas o frutícolas cuyos órganos o parte vegetativa a comercializar y consumir en fresco estén normalmente en contacto directo con el suelo.
- **Limitaciones**. Se establecen las siguientes:
  - Solamente pueden utilizarse lodos tratados y con un contenido en metales pesados, cuyos valores límites se indican en el anexo I B del Real Decreto. Estos límites (en mg/kg de materia seca) varían con el pH del suelo donde se aplican.
  - Los suelos sobre los que se pueden aplicar deben tener una concentración de metales pesados inferior a la indicada en el anexo I A. También son distintos para suelos según sea su pH menor o mayor de 7.
  - Las cantidades máximas de lodos que podrán aportarse al suelo por hectárea y año deben asegurar que no se rebasan los valores límites de incorporación de los metales pesados, establecidos en el anexo I C.
- **Documentación exigible**: toda partida de lodos debe ir acompañada por la correspondiente documentación, expedida por el titular de la estación depuradora, indicando el proceso de tratamiento y la composición de la mercancía (materia seca, materia orgánica, pH, N, P y metales pesados).

Los usuarios deben disponer de la citada documentación, quedando obligados a facilitar la información que sea requerida por la Comunidad Autónoma.

Como en la disposición legal anterior, los Reales Decretos que regulan la aplicación de la **condicionalidad** en relación con las ayudas directas en el marco de la política agrícola común (PAC), indican la obligatoriedad para los agricultores que apliquen lodos de depuradora de cumplir con las medidas establecidas en el Real Decreto 1310/1990.