

# Fertilizantes y fertilización

Arnold Finck

EDITORIAL REVERTÉ





# Fertilizantes y fertilización

Fundamentos y métodos  
para la fertilización  
de los cultivos

**Arnold Finck**



EDITORIAL  
REVERTÉ

Barcelona · Bogotá · Buenos Aires · México

*Título de la obra original:*

**Dünger und Düngung**

*Edición original en lengua alemana publicada por*

**Verlag Chemie, Weinheim**

Copyright © Verlag Chemie GmbH, D-6940 Weinheim

*Edición en español:*

© Editorial Reverté, S. A., 1988

Edición en papel:

ISBN: 978-84-291-1010-4

Edición e-book (PDF):

ISBN 978-84-291-9297-1

*Versión española por*

**D. Valentín Hernando Fernández**

Profesor de Investigación de C.S.I.C.

Director del Curso Internacional de Fertilidad de suelos y Nutrición vegetal

y

**Dña. María Teresa Pardo Fernández**

Colaborador Científico del C.S.I.C.

**Propiedad de:**

**EDITORIAL REVERTÉ, S. A.**

Loreto, 13-15. Local B

08029 Barcelona. ESPAÑA

Tel: (34) 93 419 33 36

reverte@reverte.com

www.reverte.com

Reservados todos los derechos. La reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos, queda rigurosamente prohibida sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas por las leyes.

# 951

## Prólogo

*¿Para qué un nuevo libro sobre «Los fertilizantes y la fertilización»? Porque los libros publicados hasta el momento sobre cuestiones de abonado ofrecen, en general, o recomendaciones y reglas prácticas, o una introducción teórica. Actualmente, 100 años después del inicio de la fertilización (de forma significativa), es posible, y también necesario, reunir ambos objetivos.*

*En la práctica del abonado no bastan ya, dado el desarrollo de la producción intensiva, simples reglas empíricas o fórmulas aproximadas. En la mayoría de los casos, estas reglas y fórmulas sólo permiten alcanzar producciones de tipo medio. Para hacer frente a las exigencias de volumen y calidad de producción que se plantearán en el futuro será necesario practicar un abonado específico e integrado. Este no podrá efectuarse correctamente si se desconocen las propiedades de los distintos abonos (tradicionales y nuevos) o si no se está al tanto de una serie de cuestiones fundamentales de química agrícola.*

*La teoría requiere también una ampliación, una profundización y una reorientación respecto de la producción biológica de los cultivos. La investigación acrecienta continuamente los conocimientos sobre la complejidad de las condiciones de crecimiento de las plantas, proporcionando una base más adecuada para la aplicación correcta de los medios químicos necesarios. Ante la continua ampliación de los fundamentos teóricos se hace cada vez más necesario destacar los problemas importantes de los secundarios y establecer unas directrices sencillas para el abonado, extrayéndolas de las conclusiones (quizá complejas) de la investigación.*

*En la moderna agricultura el abonado no es ni mucho menos un campo donde ya no exista casi nada por descubrir. La aplicación de los conocimientos y puntos de vista químicos en el campo de la fertilización agrícola puede mejorar considerablemente muchos aspectos de la producción. Afortunadamente, los requerimientos de la producción, de la economía y de la ecología son en gran medida paralelos. Merece la pena intentar obtener unas producciones importantes y una alimentación sana, manteniendo, e incluso mejorando, la fertilidad de los suelos sin afectar negativamente al medio natural.*

*El objetivo de la presente obra es exponer una visión global sobre las características y la utilización de los fertilizantes, y ofrecer una serie de*

*recomendaciones para el abonado de los cultivos comerciales. Estas incluyen numerosos aspectos marginales y ponen especial atención en la calidad de los productos cosechados. Las cuestiones más importantes y problemáticas se tratan científicamente, pero también se resumen de forma simplificada, cuando ello es posible y necesario.*

*Esta obra es el producto de 20 años de enseñanza y de numerosas discusiones con expertos colegas de mi país y extranjeros, especialmente con los del Comité Alemán de Asesoramiento Científico para el Abonado. A todos ellos debo agradecer sus útiles sugerencias.*

*Mi agradecimiento especial a la editorial (Verlag Chemie) por su interés en hacerse cargo del manuscrito, por haber realizado el libro teniendo en cuenta los deseos de los autores y por ciertas indicaciones sobre cuestiones de normalización. Todo libro con un objetivo complejo constituye finalmente un compromiso: debe ser completo y a la vez conciso; con precisión científica, pero inteligible; bien editado y a la vez económico.*

*Se ha intentado conseguir una aproximación a ese objetivo; las futuras sugerencias de los lectores podrán contribuir a su perfeccionamiento.*

*Arnol Finck.*

### *Nota*

La mayoría de los abonos comerciales que aparecen en esta obra están registrados por el fabricante en numerosos países. En el texto se incluyen sin el registro, pero eso no significa que sean productos libres que puedan comercializar entidades ajenas. Se ha de señalar que su referencia no presupone valoración ni cualificación alguna, ya que estos productos experimentan un continuo proceso de modificación, y continuamente están apareciendo nuevos productos en el mercado.

# Índice analítico

<b>Unidades, abreviaturas, símbolos, factores de conversión</b> .....	XIII
<b>1 Introducción</b> .....	1
1.1 Introducción al tema del abonado .....	1
1.1.1 Generalidades .....	1
1.1.2 La dificultad de conseguir una producción máxima .....	5
1.1.3 Sustancias nutritivas en los suelos y en las plantas .....	9
1.2 Los abonos .....	13
1.2.1 Definición de los abonos .....	13
1.2.2 Indicación de la riqueza de los abonos .....	14
1.2.3 Clasificación de los abonos .....	15
1.3 Historia del abonado .....	20
1.3.1 El abonado en la época pre-científica .....	20
1.3.2 Comienzo y desarrollo inicial del abonado mineral .....	22
1.3.3 La extensión del concepto del abonado .....	26
1.3.4 Consumo de fertilizantes y aumento de rendimientos .....	30
<b>2 Abonos minerales simples</b> .....	35
2.1 Abonos nitrogenados .....	35
2.1.1 Origen, fabricación y panorámica general .....	35
2.1.2 Abonos amoniacales y nítricos .....	37

2.1.3	Abonos amídicos (urea, cianamida cálcica)	42
2.1.4	Abonos nitrogenados de acción retardada	46
2.1.5	Fundamentos del abonado nitrogenado	49
2.1.6	Utilización práctica de los abonos nitrogenados	57
2.2	Abonos fosfatados	63
2.2.1	Origen, fabricación y solubilidad	63
2.2.2	Los abonados fosfatados y sus propiedades	69
2.2.3	Fundamentos del abonado fosfatado	73
2.2.4	Utilización práctica de los abonos fosfatados	78
2.3	Abonos potásicos	80
2.3.1	Procedencia y fabricación	81
2.3.2	Los abonos potásicos y sus propiedades	82
2.3.3	Utilización práctica de los abonos potásicos	84
2.4	Abonos magnésicos	86
2.4.1	Los abonos magnésicos y sus propiedades	87
2.4.2	Utilización de los abonos magnésicos	89
2.5	Abonos cálcicos y abonos sulfatados	90
2.5.1	Abonos cálcicos	90
2.5.2	Abonos sulfatados	92
<b>3</b>	<b>Abonos de oligoelementos y abonos compuestos</b>	<b>95</b>
3.1	Oligoelementos	95
3.1.1	Fertilizantes de hierro	97
3.1.2	Fertilizantes de manganeso	99
3.1.3	Fertilizantes de cinc	101
3.1.4	Fertilizantes de cobre	102
3.1.5	Fertilizantes de boro	104
3.1.6	Fertilizantes de molibdeno	107
3.1.7	Combinaciones de oligoelementos	108
3.2	Abonos de múltiples nutrimentos con macroelementos	109
3.2.1	Abonos de dos elementos	109
3.2.2	Abonos compuestos de tres a seis elementos	114
3.2.3	Abonos NPK	115
3.2.4	Abonos simples o abonos de múltiples nutrimentos	122
3.2.5	Utilización de los abonos de múltiples nutrimentos	125
3.3	Abonos con macro y oligo elementos	127
3.3.1	Combinaciones de oligoelementos con magnesio	129
3.3.2	Abonos nitrogenados con magnesio y oligoelementos	130
3.3.3	Abonos de múltiples nutrimentos con oligoelementos	132
3.4	Abonos con otros nutrimentos	136
3.4.1	Abonos con elementos útiles	136
3.4.2	Abonos con sustancias esenciales para los animales y el hombre	139
3.4.3	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	140



<b>4</b>	<b>Abonos para mejorar el suelo (enmiendas) y activar el crecimiento general</b>	<b>141</b>
4.1	Abonos para mejorar la reacción del suelo	141
4.1.1	Productos para el encalado, sus propiedades	143
4.1.2	Aplicaciones del encalado	149
4.1.3	Abonos o enmiendas para aumentar la acidez del suelo	152
4.2	Enmiendas para mejorar la estructura y la textura del suelo	153
4.2.1	Enmiendas para mejorar la estructura	153
4.2.2	Sustancias minerales para mejorar la textura	155
4.3	Abonos orgánicos	156
4.3.1	Estiércol sólido, líquido (purín) y semilíquido	157
4.3.2	Paja, compost y abono verde	167
4.3.3	Abonos orgánicos comerciales	164
4.3.4	Efecto de los abonos orgánicos	168
4.4	Sustratos de cultivo	171
4.4.1	Sustratos de cultivo sólidos	172
4.4.2	Sustratos de cultivo líquidos	173
4.5	Agentes fertilizantes activos e inoculantes del suelo	175
4.5.1	Reguladores del crecimiento	175
4.5.2	Inoculantes del suelo y coadyuvantes de procesos	177
4.5.3	Otras materias activas utilizadas como fertilizantes	179
<b>5</b>	<b>La cantidad óptima de abono</b>	<b>181</b>
5.1	Necesidades de cal	181
5.1.1	Reacción óptima del suelo	181
5.1.2	Dosis de encalado	186
5.2	Contenido óptimo de nutrimentos en las plantas y en el suelo	190
5.2.1	Fertilización y nivel de producción	191
5.2.2	Niveles de suministro de nutrimentos	193
5.3	Diagnóstico de las necesidades nutritivas	194
5.3.1	Diagnóstico de los síntomas de deficiencia	197
5.3.2	Análisis de suelos para determinar el contenido de elementos utilizables	200
5.3.3	Análisis del contenido de nutrimentos en las plantas	206
5.4	Cantidades necesarias de nutrimentos	212
5.4.1	Necesidades de nitrógeno	213
5.4.2	Necesidades de fósforo	214
5.4.3	Necesidades de potasio	216
5.4.4	Necesidades de magnesio y otros nutrimentos	221
5.4.5	Necesidades de oligoelementos	222
5.5	Aprovechamiento de los abonos y extracción de nutrimentos	225
5.5.1	Aprovechamiento de los nutrimentos contenidos en los abonos	225
5.5.2	Extracción de nutrimentos	229

5.6	Rentabilidad del abonado .....	232
5.6.1	Leyes de la producción .....	234
5.6.2	Óptimo económico del abonado .....	235
5.6.3	Utilización de ordenadores en el cálculo del abonado .....	239
5.6.4	Precios y consumo de los abonos .....	240
<b>6</b>	<b>Aspectos especiales del abonado .....</b>	<b>243</b>
6.1	Técnica de aplicación de abonos .....	243
6.1.1	Transporte, almacenamiento y mezcla de los abonos sólidos ....	243
6.1.2	Distribución de abonos sólidos .....	246
6.1.3	Aplicación de abonos líquidos y gaseosos .....	249
6.1.4	Abonado foliar .....	251
6.2	Influencia del abonado en el medio ambiente .....	254
6.2.1	Influencia del abonado en el suelo .....	254
6.2.2	Influencia del abonado en el agua .....	257
6.2.3	Influencia del abonado en el aire .....	258
6.3	El abonado en relación al tipo de suelo .....	260
6.3.1	Abonado de los suelos de clima templado húmedo .....	261
6.3.2	Abonado de los suelos de clima tropical húmedo .....	262
6.3.3	Abonado de los suelos tropicales áridos (subtropicales) .....	264
6.3.4	Abonado de los suelos salinos .....	267
6.3.5	Abonado de suelos orgánicos .....	269
6.4	El abonado en relación con el sistema de cultivo .....	270
6.4.1	Explotación y aprovechamiento de los nutrimentos del suelo .....	270
6.4.2	Restitución de los nutrimentos extraídos .....	275
6.4.3	Enriquecimiento del suelo con nutrimentos .....	276
6.5	Abonado en condiciones de stress .....	277
6.5.1	El abonado y la resistencia al stress climático .....	278
6.5.2	El abonado y la resistencia a las enfermedades .....	281
6.5.3	El abonado y la resistencia a los efectos químicos del medio ambiente .....	282
6.6	Interpretación de los resultados de los experimentos de campo .....	285
6.6.1	Éxitos y fracasos de los experimentos de campo .....	285
6.6.2	Ejemplos de distintas posibilidades de interpretación .....	287
<b>7</b>	<b>Abonado de las especies agrícolas cultivadas .....</b>	<b>291</b>
7.1	Cereales .....	291
7.1.1	Trigo .....	292
7.1.2	Centeno, cebada, avena .....	297
7.1.3	Maíz, sorgo .....	299
7.1.4	Arroz .....	302

7.2 Raíces y tubérculos .....	305
7.2.1 Remolacha (azucarera y forrajera) y nabo .....	306
7.2.2 Patata, pataca .....	311
7.2.3 Mandioca, batata, ñame .....	314
7.3 Plantas oleaginosas y leguminosas grano .....	315
7.3.1 Colza y colza para semilla .....	315
7.3.2 Girasol, sésamo, ricino .....	317
7.3.3 Olivo, palmera de aceite y coco .....	319
7.3.4 Guisantes, judías, soja, cacahuete, etc. ....	320
7.4 Plantas textiles y cultivos industriales .....	324
7.4.1 Algodón, lino, cáñamo, sisal, etc. ....	324
7.4.2 Árbol de caucho, caña de azúcar .....	328
7.5 Plantas forrajeras .....	330
7.5.1 Plantas verdes para forraje .....	330
7.5.2 Especies pratenses .....	333
<b>8 Abonado de cultivos hortícolas, cultivos especiales y forestales .....</b>	<b>339</b>
8.1 Hortalizas y plantas ornamentales .....	339
8.1.1 Hortalizas .....	339
8.1.2 Plantas ornamentales .....	344
8.1.3 Los céspedes .....	347
8.2 Fruticultura y viticultura .....	348
8.2.1 Árboles frutales y arbustos .....	349
8.2.2 Frutos tropicales .....	353
8.2.3 Vid .....	356
8.3 Especies forestales .....	357
8.3.1 Fundamentos del abonado forestal .....	357
8.3.2 Coníferas y especies de hoja caduca .....	362
8.4 Especies estimulantes, medicinales y especias .....	367
8.4.1 Especies estimulantes .....	367
8.4.2 Especies y plantas medicinales .....	372
8.5 Plantas inferiores .....	376
8.5.1 Plantas acuáticas (abonado de lagunas) .....	376
8.5.2 Hongos, algas, bacterias .....	377
<b>9 El abonado y la calidad de los alimentos vegetales .....</b>	<b>379</b>
9.1 Generalidades sobre la influencia del abonado en la calidad de los productos .....	380
9.1.1 Concepto y factores de calidad .....	380
9.1.2 Especulaciones sobre la calidad nutritiva .....	381

9.2	Calidad nutritiva en relación al sistema de producción .....	383
9.2.1	Cultivo convencional o alternativo .....	383
9.2.2	Sistema de abonado y calidad nutritiva .....	386
9.3	La calidad de los alimentos en relación con el suministro de nutrimentos	389
9.3.1	El abonado nitrogenado y la calidad .....	390
9.3.2	El abonado con P y K, y la calidad .....	393
9.3.3	Abonado con otros nutrimentos y calidad .....	396
9.4	El abonado, la calidad alimenticia y la salud del hombre y los animales	398
9.4.1	Sustancias determinantes de la calidad y efectos de una deficiencia	399
9.4.2	Valoración de los alimentos a través de índices médicos .....	402
9.4.3	Abonado correcto y alimentación sana .....	404
 <b>Apéndice</b> .....		 409
Conceptos químicos básicos .....		409
 <b>Referencias</b> .....		 413
<b>Índice alfabético</b> .....		425

# Unidades, abreviaturas, símbolos, factores de conversión

## Unidades

Longitud y superficie	m	metro
	a	área (100 m <sup>2</sup> )
	ha	hectárea (10 000 m <sup>2</sup> )
Masa (peso)	g	gramo
	kg	kilogramo
	t	tonelada
Volumen (vol.)	l	litro
	ml	mililitro (1/1000 litro)
Tiempo	h	hora

Contenidos = concentraciones:

---

%	por ciento	=	partes por	100 partes
‰	por mil	=	partes por	1 000 partes
ppm	partes por millón	=	partes por	1 000 000 partes

---

Unidad de calor: J Julio (Joule) [1 J = 0,24 cal (calorías)]

Presión: bar [1 bar  $\simeq$  1 at (atmósfera) = 1 kg/cm<sup>2</sup>]

## Abreviaturas

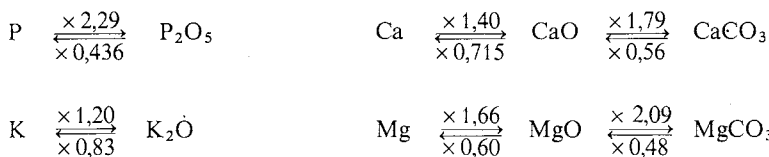
CEE	Comunidad Económica Europea
conc.	concentrado
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Roma)
M	molar (v. solución molar)
mat.	materia
m.s.	materia seca

N	normal (v. solución normal)
org.	orgánica
R	radical
RFA	República Federal de Alemania
sust.	sustancia
>	mayor que
<	menor que

### Símbolos y pesos atómicos de algunos elementos

Símbolo	Elemento	Peso atómico
Al	aluminio	27
B	boro	10,8
C	carbono	12
Ca	calcio	40,1
Cl	cloro	35,5
Co	cobalto	58,9
Cu	cobre	63,5
Fe	hierro	55,9
H	hidrógeno	1
K	potasio	39,1
Mg	magnesio	24,3
Mn	manganeso	54,9
Mo	molibdeno	95,9
N	nitrógeno	14
Na	sodio	23
O	oxígeno	16
P	fósforo	31
S	azufre	32,1
Si	silicio	28,1
Zn	cinc	65,4

### Factores de conversión



# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1 Introducción al tema del abonado

#### 1.1.1 Generalidades

##### ¿Por qué hay que abonar?

En todo el mundo son contados los casos en que los suelos contienen los principios nutritivos suficientes para permitir obtener durante un tiempo prolongado producciones importantes sin enriquecerlos con algún tipo de abono. Semejante situación utópica no parece haberse dado nunca en ningún lugar. En el caso más favorable es la propia naturaleza quien se encarga de abonar, como en el caso del aporte anual de lodos en los valles fluviales donde antiguas culturas humanas se establecieron. No obstante, se produce más bien lo contrario: los suelos sufren un empobrecimiento relativamente rápido, debido al cultivo de las plantas útiles al hombre. Por eso, aun en los sistemas de cultivo más primitivos, se encuentra al menos alguna forma simple de abonado.

El abonado tiene como objetivo conseguir altos rendimientos en las cosechas y producir buena calidad. Su acción consiste en:

- mejorar el suelo como sustrato nutritivo
- complementar el suministro natural, en ciertos casos
- deficitario, de elementos nutritivos
- restituir los elementos nutritivos que han sido extraídos por el propio cultivo o que han desaparecido por otros motivos.

De ahí que el abonado no sólo es necesario, sino que también debe cumplir su cometido con eficacia. Se impone un abonado racional por los siguientes motivos:

- la necesidad de conseguir altas producciones rentables, ya que es la única forma de obtener mayores beneficios y suficientes alimentos en superficies de cultivo cada vez más reducidas
- los precios crecientes de los abonos ocasionados por el disparo de los costes de la energía y la progresiva escasez de materias primas
- la exigencia de proteger el medio ambiente de las consecuencias de un abonado excesivo o mal aplicado.

Se trata pues, según los casos, de limitar el abonado a las cantidades necesarias, o bien de aumentarlo cuando sea insuficiente.

La práctica de abonar escasamente es todavía hoy (100 años después del inicio de los estudios estadísticos del abonado mineral) una de las causas principales de que se aproveche sólo parcialmente el potencial genético de las plantas altamente seleccionadas como los cereales, cuya producción potencial es de 10 t/ha. En el caso de los cultivos muy tecnificados, incluso los más leves errores en el abonado pueden mermar considerablemente la producción y sobre todo el beneficio. Para comprender la necesidad de racionalizar las prácticas de abonado, es preciso llegar previamente al convencimiento de que la aplicación de grandes cantidades de abonos por unidad de superficie no garantiza de ningún modo el suministro óptimo de elementos nutritivos. Incluso cuando las plantas presentan un aspecto verde, jugoso y «sano», pueden estar padeciendo alguna carencia o desequilibrio en el aporte de elementos nutritivos, y eso impide que se alcancen los máximos rendimientos o una calidad óptima.

La problemática de la fertilización es cada vez más complicada y, por ello, el conocimiento de los abonos y de su utilización es cada vez más importante. Para aumentar al máximo el rendimiento no basta con aplicar las rutinarias recetas de abonado; es preciso recurrir a fórmulas más complejas y perfeccionadas, que tengan en cuenta las variaciones del conjunto de condiciones de la producción. Esto obliga a tener en cuenta que:

- pueden variar las necesidades de las plantas (p. ej. nuevas variedades muy productivas)
- pueden variarse las condiciones del suelo (p. ej. laboreo más profundo, drenaje más intenso, aumento del encalado)
- es preciso realizar los trabajos de abonado ajustándose a unos criterios económicos y más racionales
- pueden aparecer en el mercado abonos nuevos o más económicos.

Puesto que para alcanzar una producción elevada y de gran calidad es preciso combinar adecuadamente todos los factores del crecimiento, es muy importante que al tratar del abonado se tenga en cuenta su relación con el resto de las operaciones de cultivo (desde el laboreo hasta los tratamientos fitosanitarios). El abonado es siempre necesario, pero sólo alcanza un grado máximo cuando se aplica como un elemento



más, integrado en el conjunto global de los factores con los que se pretende optimizar la producción. Posiblemente el abonado es el factor que más influye en el aumento de la producción, ya que con su utilización se han conseguido en los últimos cien años unos aumentos de producción que oscilan entre el 50 y el 60 por ciento.

*El objetivo de la utilización de los abonos es aumentar los rendimientos, mediante la mejora en el aporte de nutrimentos, al mismo tiempo que se mantiene o incrementa la fertilidad del suelo sin perjudicar al medio ambiente.*

### **¿Con qué se ha de abonar?**

El abonado debe aportar a las plantas todo lo que, además de los aportes naturales, requieran éstas para alcanzar un crecimiento óptimo. Como el crecimiento está sometido a otros influjos perjudiciales (materiales y energéticos), el abonado ha de aportar también las sustancias que eliminan esos influjos o atenúan sus efectos negativos.

En un sentido estricto, el término de abonado significa el aporte de sustancias minerales y orgánicas, pero en una acepción amplia del término puede incluirse también el aporte de energía; por ejemplo, la calefacción como «abonado de calor».

Hoy se conocen suficientemente las diversas posibilidades de abonado (cuadro 1.1), pues se sabe lo que requieren las plantas para su desarrollo y lo que las beneficia. En el término «plantas» se incluyen todas las plantas verdes superiores, las cuales, a pesar de su diversidad, tienen unas necesidades muy similares de sustancias vitales. Las necesidades de las plantas inferiores (algas, hongos y bacterias) son muy parecidas a las de las superiores, aunque en ciertos casos requieren también otras sustancias.

El abonado debe aportar aquellas sustancias de las que carece el suelo o sustrato correspondiente. Esto supone que se han de investigar en cada caso los factores mínimos o limitantes. La investigación puede realizarse probando diversas fórmulas de abonado, o recurriendo a las técnicas de diagnóstico. Este último método es el más rápido y adecuado. Normalmente, para conseguir un aumento de la producción, no es suficiente el abonado usual (NPK) (apartado 3.2.3). El concepto de fertilización en el futuro deberá incluir todas aquellas sustancias que sean necesarias o resulten beneficiosas para las plantas (especialmente los elementos nutritivos «más allá de NPK»).

Una vez que se han investigado las necesidades de las plantas en un determinado sustrato, se puede recurrir a los distintos abonos que existen para corregir las deficiencias. Para poder utilizar correctamente estos abonos (elegir la forma de abono más adecuada), se han de conocer sus propiedades y sus efectos principales y secundarios.

### **¿Cuánto y cómo ha de abonarse?**

La dosis de abono debe calcularse de forma que el abastecimiento de nutrimentos se ajuste a las necesidades concretas del fin que se pretende alcanzar (una producción elevada), sin provocar innecesarios enriquecimientos o pérdidas. Sólo en el caso de

### Cuadro 1.1: Posibilidades de aplicación del abonado

¿Qué necesita la planta?	Complemento del abastecimiento con el abonado
<p>I. Factores energéticos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— luz</li> <li>— temperatura (calor)</li> </ul> <p>II. Factores químicos</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Absorción por las hojas           <ul style="list-style-type: none"> <li>— anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>)</li> </ul> </li> <li>2. Absorción por las raíces           <ol style="list-style-type: none"> <li>a) oxígeno</li> <li>b) agua</li> <li>c) elementos nutritivos minerales</li> </ol> </li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>● elementos principales</li> <li>● oligoelementos</li> <li>● elementos útiles</li> </ul>	<p>abonado luminoso (iluminación)</p> <p>abonado calorífico (calefacción)</p> <p>tratamiento con gas CO<sub>2</sub></p> <p>enmiendas para mejorar la estructura riego</p> <p>nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), cloro (Cl), molibdeno (Mo)</p> <p>p. ej., sodio, silicio, cobalto</p>
<p>¿Qué daña a la planta?</p>	<p>Eliminación o atenuación del daño por medio del abonado adecuado</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Influencias climáticas perjudiciales (p. ej., frío, calor, tormentas)</li> <li>2. Productos tóxicos existentes en el aire (productos tóxicos «ambientales»)</li> <li>3. Productos tóxicos existentes en el suelo           <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Sustancias naturales dañinas</li> <li>b) Productos tóxicos «ambientales»</li> </ol> </li> <li>4. Influencias biológicas perjudiciales (p. ej., enfermedades)</li> </ol>	<p>Aumento de la resistencia por medio del abonado adecuado</p> <p>p. ej., fertilización contra los daños a causa de la acidez y/o salinidad en el suelo</p> <p>p. ej., abonado contra el exceso de metales pesados</p> <p>aumento de la resistencia por medio del abonado</p>

que se aprovecharan totalmente las sustancias nutritivas (como casi se consigue en el cultivo hidropónico), bastaría con aportar aquella cantidad de abono que fuese estrictamente requerida por las plantas. En los suelos es aconsejable suministrar una cantidad ligeramente superior a la que las plantas necesitan.

Las plantas de alta productividad requieren una cantidad de nutrientes abundante, para poder desarrollar su potencial genético en un corto período vegetativo. La cantidad de abono que se ha de aplicar debe adaptarse al proceso de crecimiento y desarrollo de esas necesidades y extracciones de nutrientes. Esto no se consigue simplemente aumentando proporcionalmente la cantidad de abono. Por ejemplo, si se consigue una producción de 3 toneladas de grano con una determinada cantidad de abono NPK, esto no significa que puedan cosecharse automáticamente 6 toneladas con una doble cantidad de abono. Para conseguir esto último se necesitará una cantidad de abono algo superior y, sobre todo, una fórmula de abonado más compleja.

La medida de la cantidad de abono que se ha de aplicar debe regirse por patrones objetivos. Del mismo modo que la medicina moderna basa su terapia en los datos proporcionados por las técnicas de diagnóstico, la agricultura debería también recurrir al diagnóstico, para descubrir con exactitud aquellos datos que necesita para su actuación, que no puede proporcionales la experiencia. La calidad de un abonado no viene determinada por la mera cantidad del abono utilizado, sino por la correcta aplicación de aquellos abonos que pueden satisfacer las necesidades existentes.

La aplicación de los abonos plantea numerosos problemas: ¿qué momento es el más adecuado para abonar los campos? ¿qué técnicas han de emplearse para distribuir el abono sobre la superficie? ¿cómo se ha de introducir el abono en el suelo para facilitar su aprovechamiento por parte de las plantas? Existen determinadas indicaciones de tipo químico-agrícola para utilizar correctamente los abonos y así conseguir un abastecimiento óptimo de las plantas. En ciertos casos, sin embargo, estas indicaciones se han de modificar en atención a otros factores organizativos o económicos.

La correcta utilización del abono debe ajustarse racionalmente al resto de medidas de la producción. Un abonado será tanto más efectivo cuanto más se tenga en cuenta las propiedades específicas del abono que se va a utilizar.

### **1.1.2 La dificultad de conseguir una producción máxima**

Sólo puede alcanzarse una producción máxima cuando se evitan los errores de abonado y se reconocen y eliminan los principales factores limitantes. La investigación proporciona continuamente nuevas sugerencias a la agricultura práctica.

#### **Errores típicos de la fertilización en el pasado**

Muy frecuentemente, la causa del descenso de la producción radica en los siguientes errores:

- descuido del abonado con los elementos «básicos» (N, P, K), este error es especialmente grave en el caso de las plantas de alta productividad, las cuales requieren que continuamente haya en el suelo abundantes sustancias nutritivas de gran movilidad y fácilmente disponibles
- descuido del abonado con el resto de elementos fertilizantes: magnesio, azufre y

oligoelementos, (entre estos últimos, se han de destacar, por su importancia, el manganeso, el cobre, el boro y, en parte, el cinc)

- abonado parcialmente alto con N, P o K, el cual, debido a otra carencia, no alcanza todo su efecto (p. ej., un abonado intenso con N resulta parcialmente sin efecto debido a una carencia de cobre)
- en ciertos casos, abonado excesivo que ocasiona daños por salinidad, debido a aplicaciones intensas de abonos solubles en la época de siembra (daños por salinidad, en parte también debidos al agua de riego)
- diagnóstico incorrecto de las necesidades de abonado
- insuficiente consideración de la forma de abono adecuada en lo que se refiere a eficacia y a precio
- descuido de las condiciones básicas de la fertilidad del suelo (p. ej., estructura y pH del suelo)
- insuficiente consideración de las posibles pérdidas de abono.

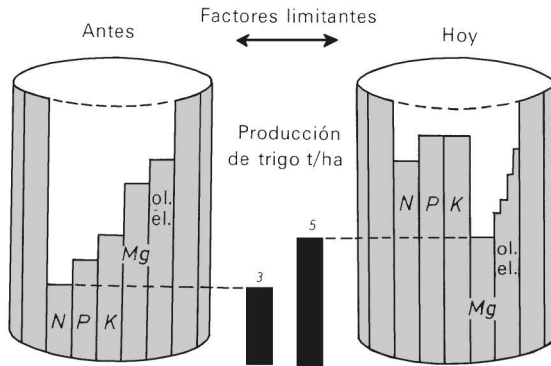
Supuestos una buena preparación del suelo y unos métodos de cultivo adecuados, la cosecha depende (además de la evolución de las condiciones atmosféricas) de un abonado correcto y de unos tratamientos fitosanitarios adecuados. Una diferencia importante entre estos dos tratamientos consiste en el hecho de que conseguir una mejor protección fitosanitaria implica generalmente realizar una mayor inversión, mientras que para conseguir un mejor abonado, basta con utilizar otros abonos diferentes, lo cual, en ciertos casos puede significar, incluso, una disminución de los gastos.

### **La búsqueda de los factores limitantes**

Los factores que determinan el crecimiento y la producción de las plantas son numerosos, pero es el factor limitante el que determina finalmente la magnitud de la producción. Aunque, considerándolo exactamente, este factor no actúa en solitario, la producción solamente puede alcanzar el valor que le permite el factor limitante. En todo caso, él es el que influye en mayor medida sobre la producción. Todavía hoy tiene vigencia la afirmación que aparecía en un viejo tratado sobre este tema: «El objetivo del abonado debe ser el de disponer la aportación de los abonos y el laboreo del terreno de tal forma, que la acción de los elementos fertilizantes y (demás) factores del crecimiento no resulte obstaculizada por un factor que no se ha tenido en cuenta».

El potencial máximo de producción del trigo, del maíz y del arroz es de unas 12 t/ha. Ocasionalmente, bajo condiciones agronómicas normales, se han conseguido alcanzar producciones de más de 10 t/ha.

No obstante, incluso las producciones de los mejores campos se encuentran por debajo de ese potencial. Esto es debido a que una parte de esa producción es destruida por las enfermedades y otros factores nocivos, o a que las condiciones de producción no son precisamente óptimas. Es necesario descubrir y eliminar las causas limitantes de la producción. Cuando comenzaron las prácticas de abonado con productos minerales, los factores mínimos o limitantes eran, sobre todo, el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Cuando se consiguió solucionar de forma satis-



**Fig. 1-1. Ejemplo gráfico de los factores limitantes para dos niveles de producción diferentes.** (Reproducción del «tonel mínimo»: la duela más baja limita la producción; Mg = magnesio, ol.el. = oligoelementos [8].)

factoria el problema del abastecimiento de estos elementos principales, aparecieron otros elementos nutritivos como limitantes. Esto puede ocurrir también actualmente cuando se pretende aumentar al máximo la producción agrícola. El fenómeno que en este caso se produce puede representarse gráficamente con el llamado «tonel mínimo». Lo mismo que el nivel del agua contenida en un tonel no puede sobrepasar la duela más corta, tampoco la producción puede ser más alta de los que permite el factor limitante (fig. 1.1).

El potencial máximo de producción solamente puede desarrollarse plenamente cuando todos los factores del crecimiento (incluido el suministro de agua, etc.) son óptimos. Ésta es de todos modos, una situación ideal, a la que la práctica sólo puede aproximarse en el mejor de los casos; pero esta aproximación resulta siempre muy rentable. Para descubrir los factores mínimos que limitan la producción, es indispensable realizar un diagnóstico exacto.

## La práctica y la investigación

Solamente se puede conseguir una importante producción de gran calidad cuando se armoniza la práctica (experimentación) con la ciencia (investigación científica).

El objetivo de la *práctica* consiste en obtener recetas o fórmulas para el cultivo de determinadas plantas y proporcionar instrucciones precisas para alcanzar un aumento máximo de la producción, y una calidad óptima. Estas fórmulas pueden obtenerse realizando diversas pruebas de producción en la propia explotación, y observando y midiendo el aumento de rendimiento que se consigue en cada una de ellas. La ventaja de este método consiste en que su realización es relativamente sencilla y en que las fórmulas que ofrece han sido ya comprobadas. Tiene sin embargo el inconveniente de que estos ensayos de producción proporcionan una información muy limitada. Pueden descubrirse determinadas correlaciones (interdependencias que aparentemente existen), pero queda en pie la cuestión de cuáles son las causas que subyacen a esas relaciones. Existe también el peligro de una interpretación

errónea, es decir, de deducir conclusiones falsas de ensayos que en sí son correctos (apdo. 6.6.1). Como no siempre pueden aclararse las causas de las diferencias de producción, se incurre frecuentemente en generalizaciones improcedentes. El campo de aplicación de este tipo de experimentación empírica es muy limitado. Por eso, el progreso de la agricultura depende actualmente, en su mayor parte, de los avances de la investigación.

La *investigación científica*, como ciencia pura, no se plantea en primera instancia su posible aplicación práctica, sino que simplemente intenta explicar el fenómeno natural. Su método consiste en investigar las causas de las relaciones observadas. Así, cuando se trata de investigar el tema del abonado, el objeto específico de investigación son los complejos procesos que tienen lugar en los suelos y en las plantas, y que son los responsables del crecimiento de éstas. La ventaja de este sistema consiste en que el conocimiento exacto de las relaciones existentes proporciona la posibilidad de actuar directamente sobre las mismas. Pero, para investigar las causas, se necesita mucho tiempo, y el agricultor no puede estar esperando durante años para tomar sus decisiones. Por otro lado, muchas veces es necesario realizar también otro tipo de investigación básica para conseguir un nuevo avance, lo que supone una investigación de sectores muy distantes, con costosos rodeos y extravíos inevitables. Esto da lugar a la existencia de puntos de vista diferentes, que pueden provocar controversias científicas cuando se exponen de forma poco precisa. La investigación debe realizarse necesariamente de forma especializada, y para un investigador es difícil muchas veces ordenar debidamente su conocimiento parcial dentro del contexto general. Por eso, muchas teorías siguen teniendo lagunas. En relación con este tema pueden citarse unas frases de J. v. Scherz (Hohenheim 1800): «Aun cuando la agricultura ha pasado de ser una labor artesanal a ser un arte y de ser un arte a ser una ciencia, la experiencia continúa siendo la piedra angular de nuestro conocimiento. Toda sutileza y elucubración, todas las hipótesis y todos los sistemas fallan, cuando no se conjugan con la totalidad de la Naturaleza» [26].

Los agricultores pueden beneficiarse enormemente de los descubrimientos de la investigación científica; pero en todo caso han de probar las nuevas teorías antes de ponerlas en práctica e integrarlas en el conjunto total de la explotación. A este respecto, resulta imprescindible realizar una intensa labor de asesoramiento para conseguir un entendimiento entre la ciencia y la práctica.

## Resumen

1. El abonado permite mejorar la alimentación de las plantas y es necesario para conseguir producciones agrícolas elevadas.
2. Los errores de abonado no solamente pueden reducir de forma importante la producción y el beneficio, sino que también afectan de forma negativa a la calidad de los productos cosechados y al medio ambiente.
3. Los abonos deben utilizarse específicamente para corregir los factores limitantes que aparecen en el cultivo intensivo. Por este motivo, el abonado debe aportar a las

plantas todas aquellas sustancias que necesiten para desarrollar completamente su potencial productivo y para contrarrestar cualquier efecto perjudicial.

4. Para conseguir que el abonado alcance este doble objetivo, es preciso realizar previamente un diagnóstico correcto de las necesidades de las plantas.
5. Cuanto mejor se conozcan teórica y prácticamente los abonos y los problemas de su utilización, tanto más eficiente será el abonado.

### 1.1.3 Sustancias nutritivas en los suelos y en las plantas

Los suelos, las plantas y los abonos se componen de sustancias químicas. Para comprender en qué consiste el crecimiento de las plantas y cómo se puede mejorar su alimentación por medio del abonado, es imprescindible conocer previamente algunos conceptos básicos de química agrícola [7, 9, 15, 19]. En el apéndice se exponen algunas aclaraciones sobre términos químicos.

#### Sustancias nutritivas y elementos nutritivos

Para crecer, la planta necesita una serie de sustancias nutritivas. *Sustancias nutritivas* (o nutrimentos) son aquellas que pueden ser absorbidas por las plantas y que sirven para su alimentación; pueden ser moléculas (p. ej., CO<sub>2</sub>, dióxido de carbono, H<sub>2</sub>O agua) o partículas cargadas eléctricamente (iones). Los iones, pueden ser cationes o aniones (ver apéndice), y son los componentes de las sales que constituyen muchos abonos. El número de sustancias nutritivas es grande. Estas sustancias pueden ser minerales (inorgánicas) u orgánicas, cuyos componentes esenciales representan los elementos nutritivos.

Los *elementos nutritivos* son de suma importancia para la alimentación de la planta, están contenidos en las sustancias nutritivas e, incluso, son idénticos a éstas, excepto en la carga eléctrica.

Las plantas verdes superiores (y casi todas las plantas cultivadas) necesitan 16 elementos nutritivos; carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H), que son los principales componentes estructurales de la materia orgánica, y 13 elementos nutritivos minerales adicionales que se clasifican de la siguiente forma:

- elementos principales: N, P, S (absorción como aniones)  
K, Ca, Mg (absorción como cationes)
  - oligoelementos: Fe, Mn, Zn, Cu (absorción como cationes)  
Cl, B, Mo (absorción como aniones)
- (en el cuadro 1-1 se explican los símbolos químicos).

N, P y K se denominan también «macroelementos» e igualmente, los oligoelementos reciben el nombre de «microelementos». Se denominan oligoelementos a todos aquellos elementos que aparecen en las plantas en muy pequeña concentración (su número

está muy por encima de 50). El crecimiento puede ser activado también por algunos elementos «útiles» como el Si (silicio) y el Na (sodio).

Asimismo son importantes algunos otros elementos que no son necesarios para las plantas, pero sí para los animales y el hombre, por lo que deberían encontrarse en las plantas en cantidades suficientes.

## Sustancias nutritivas en el suelo

Las plantas extraen las sustancias nutritivas de los sustratos nutritivos; éstos pueden ser:

- sustratos sólidos (suelos naturales, tierras de jardín, etc.)
- sustratos líquidos (las soluciones nutritivas que forman el sustrato de los cultivos hidropónicos).

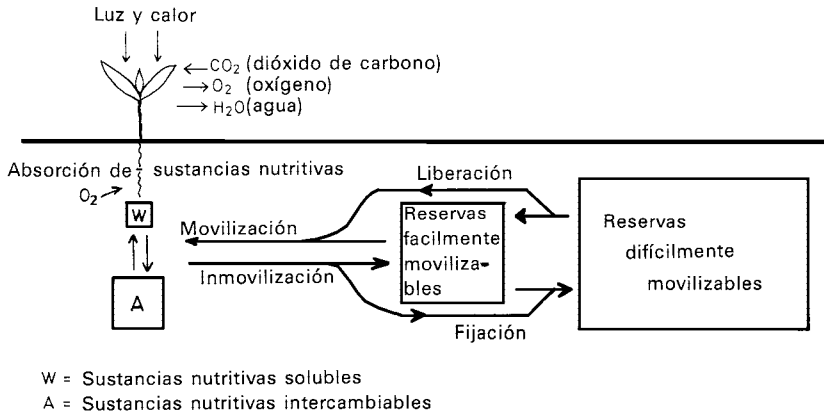
Los sustratos nutritivos más importantes son los *suelos*. Su idoneidad para la producción vegetal está caracterizada por su fertilidad.

La *fertilidad del suelo* consiste en la capacidad de éste para producir frutos, es decir, para propiciar en su entorno natural la producción vegetal. Está basada en determinadas propiedades y se denomina también productividad del suelo o capacidad productiva.

La fertilidad depende sobre todo de las siguientes características del suelo:

- potencia: esta característica permite que las raíces alcancen el crecimiento necesario
- textura y estructura: ambas características son esenciales para el crecimiento de las raíces, la circulación del agua y su almacenamiento, la aireación y las transformaciones químicas y biológicas
- reacción del suelo: es importante para la estructura y disponibilidad de las sustancias nutritivas; se mide con el valor del pH, 7 significa reacción neutra; un valor más bajo indica que el suelo es ácido, y un valor más alto indica que el suelo es alcalino o básico (apart. 5.1.1.)
- contenido de sustancias nutritivas: es conveniente que el suelo contenga suficientes reservas de sustancias nutritivas disponibles
- contenido y composición de la materia orgánica: el humus es la sustancia orgánica del suelo, contribuye de forma muy importante a mejorar la estructura de éste y sirve de alimento para los organismos vivos del suelo (sobre todo microbios); el humus nutritivo se descompone fácilmente; pero existe también el humus estable
- absorción o capacidad de cambio: estas características se refieren a la capacidad del suelo para combinarse fácilmente con las sustancias nutritivas y así almacenarlas en forma asimilable (almacenamiento de sustancias nutritivas en forma cambiabile)
- contenido de sustancias nocivas: estas sustancias pueden ser orgánicas o inorgánicas, y su presencia en el suelo afecta negativamente a la fertilidad de éste.





**Fig. 1-2. Formas de las sustancias nutritivas en el suelo y procesos de su dinámica.**

Las sustancias nutritivas se encuentran en los suelos retenidas de tres formas distintas (fig. 1-2):

- como sustancias nutritivas solubles en la solución del suelo: están libres y se mueven con el agua del suelo, de forma que las plantas pueden absorberlas muy fácilmente
- como sustancias nutritivas cambiables: se encuentran en forma de cationes o aniones unidos débilmente a los puntos con carga eléctrica de los complejos de cambio (partículas de arcilla y humus); en general son fácilmente disponibles
- como sustancias nutritivas de reserva: constituyen la mayor parte de las sustancias nutritivas del suelo en forma de compuestos moderada o débilmente solubles; una pequeña fracción de estos compuestos es fácilmente movilizable y por tanto, parcialmente disponibles, pero la mayor parte no está prácticamente disponible durante mucho tiempo.

La *disponibilidad* de las sustancias nutritivas existentes en el suelo es de vital importancia para las plantas. Sustancias nutritivas disponibles son aquellas que pueden ser absorbidas por las plantas. El grado de disponibilidad puede ser muy diverso.

La dinámica de las sustancias nutritivas del suelo (a la que contribuyen de forma muy importante los microorganismos) origina constantes transformaciones en sus formas de enlace y consecuentemente en su disponibilidad (fig. 1-2).

La *dinámica ideal para las sustancias nutritivas* es la que tiene un suelo que almacena muchas sustancias nutritivas en forma de enlaces débiles; de este modo, las protege del lavado manteniéndolas en forma fácilmente disponible, compensa los excesos inmovilizándolas, pero sin fijarlas, y en el caso de sustracciones u otras pérdidas, las moviliza y suministra en cantidad suficiente.

## Sustancias nutritivas en la planta

Las plantas absorben las sustancias nutritivas:

- por la raíz: agua, oxígeno, sustancias minerales y orgánicas
- por las hojas: dióxido de carbono, oxígeno, agua y sus solutos (por los estomas y microporos de la epidermis).

La absorción de las sustancias nutritivas por parte de las plantas requiere una energía que es suministrada por la respiración de las raíces. Por eso es necesario que las raíces cuenten con un buen suministro de oxígeno (aireación del suelo). Las plantas absorben selectivamente las sustancias que necesitan. Poseen un poder de selección, y la raíz actúa como un importante filtro. Las sustancias nocivas son excluidas de la asimilación, aunque no totalmente y sólo hasta un cierto límite de concentración.

Las plantas no solamente toman las sustancias nutritivas que les son fácilmente disponibles, sino que pueden liberar activamente sustancias nutritivas de reserva, segregando ácidos (que atacan a los minerales), compuestos formadores de complejos y agentes reductores (que liberan sustancias nutritivas de los compuestos) que los contienen. Una vez absorbidas las sustancias nutritivas son transportadas por el flujo de agua hacia los principales centros de producción de la planta: las hojas.

El *contenido de sustancias nutritivas en las hojas* es decisivo para el desarrollo vegetal. Aun cuando las concentraciones que se necesitan para alcanzar una producción óptima varían según las distintas plantas, las necesidades que las plantas superiores tienen de sustancias nutritivas (tanto en lo que respecta al tipo como a su cantidad) dentro de la sustancia celular activa son muy parecidas. Como la producción depende de que exista en las hojas una óptima concentración de sustancias nutritivas, la asimilación de estas sustancias es una precondición de la producción de masa vegetal. Por eso, las plantas jóvenes necesitan un buen suministro de sustancias nutritivas. Al aumentar la edad de las plantas, la concentración de sustancias minerales desciende como consecuencia del *efecto de dilución*, lo que es patente en el análisis de la planta.

En las plantas pueden distinguirse seis niveles de abastecimiento de elementos nutritivos (desde un nivel de carencia hasta un nivel de exceso), en atención a una serie de valores límite que caracterizan el paso de un nivel a otro (apart. 5.2.2).

## Las plantas verdes como unidades eficaces de síntesis

Con la ayuda de la energía solar, las plantas verdes sintetizan sustancias de alto contenido energético a partir de sustancias básicas de baja energía. En la fotosíntesis, la molécula de agua es descompuesta por la acción de la luz. El hidrógeno así producido se utiliza para transformar el dióxido de carbono en azúcar, mientras que el oxígeno que aparece en la reacción se elimina como desecho.

A partir de la sustancia básica «azúcar», la planta construye todas las sustancias contenidas en ella, sobre todo:

- hidratos de carbono: múltiples azúcares, almidón, celulosa, etc.
- sustancias grasas: grasas auténticas y lipoides (sustancias análogas a grasas)

- sustancias proteicas: proteínas simples, formadas por aminoácidos como elementos estructurales y sustancias proteicas compuestas (proteidos)
- enzimas, vitaminas y sustancias del crecimiento, las cuales activan y regulan el metabolismo.

## 1.2 Los abonos

### 1.2.1 Definición de los abonos

Los abonos o fertilizante son productos destinados a la alimentación de las plantas. Por lo tanto, abonar significa aportar abonos a las plantas o a su sustrato nutritivo.

En la *ley del fertilizante* está contenida esta definición: «Los abonos son sustancias que se aplican directa o indirectamente a las plantas, para favorecer su crecimiento, aumentar su producción o mejorar su calidad».

Expliquemos detalladamente esta definición. Los abonos deben:

- favorecer el crecimiento; en la mayoría de los casos, esto equivale a favorecer la multiplicación de la masa vegetal, aunque también significa regular su aumento, en el sentido de limitar el crecimiento de determinadas partes de la planta, para así alcanzar unas producciones más importantes
- aumentar la producción; lo que principalmente interesa es el producto neto (constituido por la masa cosechada); puede tratarse tanto de órganos vegetativos (p. ej., las hojas) como de órganos generativos (p. ej., los frutos)
- mejorar la calidad; se trata de mejorar la calidad comercial (valor en el mercado) y la calidad nutritiva; y de aumentar la resistencia de la planta frente a cualquier tipo de influencias nocivas (asegurar el crecimiento).

El término inglés «fertilizer», cuya utilización se ha generalizado en todo el mundo para indicar fertilizante o abono, proviene de la raíz latina «fertil». El término «fertilization» quiere decir volver fértil y se adapta en gran medida al significado científico del concepto de fertilización.

### Denominación de los fertilizantes

El agricultor viene utilizando los abonos desde tiempos muy remotos. Muchas de las antiguas denominaciones de los abonos y de sus componentes se han conservado hasta nuestros días, aun cuando la nomenclatura químico-científica se ha adaptado al nuevo nivel de conocimientos. La actual nomenclatura de los abonos es una mezcla de nombres populares antiguos, nombres históricos procedentes de los tiempos en que la química comenzaba a perfilarse como ciencia autónoma y de la nomenclatura química moderna.

Actualmente existe una tendencia hacia una nomenclatura homogénea internacional. Así, la denominación de los elementos nutritivos es sólo parcialmente homogénea en los diferentes países; p. ej., el fósforo y algunos oligoelementos. Sería de desear que en todos los países los nombres de los abonos se ajustarán a las denominaciones químicas; p. ej., «sulfato amónico».

### 1.2.2 Indicación de la riqueza de los abonos

Para especificar la riqueza de los abonos existen diversas posibilidades (cuadro 1-2). A una moderna nomenclatura debe exigírsele unas condiciones mínimas de precisión, utilidad y simplicidad. En el caso de los abonos, los cuales contienen fundamentalmente sustancias nutritivas para las plantas, la base de referencia esencial ha de ser la indicación del contenido de sustancias nutritivas. De esta forma puede contarse con un común denominador para los numerosos materiales fertilizantes con un mismo elemento nutritivo; se puede utilizar por ejemplo, el contenido de nitrógeno, como base para indicar la riqueza de todas las materias nitrogenadas (nitratos, amoníaco, urea, etc.). En el caso del potasio, la denominación del  $K_2O$  que se introdujo, por analogía con la denominación  $CaO$ , de la química inorgánica, es sencillamente inútil, porque el  $K_2O$  no se encuentra como tal ni en los suelos, ni en las plantas ni en los abonos. Siguiendo el ejemplo de la FAO y de muchos otros países, la CEE ha autorizado últimamente la utilización de la forma elemental para indicar la riqueza de los abonos. Sería de desear que el resto de los países adoptara esta misma norma, ya que así se evitarían muchas confusiones y errores.

#### Cuadro 1-2: Descripción de la riqueza de los abonos

Descripción de la composición de los abonos en cuanto a sustancias nutritivas para las plantas.

Caracterizaciones utilizadas hasta ahora

N (nitrógeno)  
 $P_2O_5$  (pentóxido de fósforo)  
 $K_2O$  (óxido de potasio)  
 $MgO$  (óxido de magnesio)  
 $Ca$  (calcio)

Caracterizaciones actuales, que se imponen internacionalmente

N (nitrógeno)  
 P (fósforo)  
 K (potasio)  
 Mg (magnesio)  
 Ca (calcio)

Caracterizaciones útiles para las enmiendas del suelo

Materiales calizos:  $CaO$ , o  $MgO$   
 Abonos orgánicos: materia orgánica

Si se adopta la regla fundamental de indicar sencillamente la materia o sustancia activa, entonces es necesaria una regulación diferente (distinta de la indicación de los componentes) para los productos utilizados fundamentalmente en la enmienda de suelos. Como enmiendas para neutralizar la acidez del suelo se utilizan, por ejemplo, materiales cálcicos, cuya materia activa es el hidróxido de calcio. En este caso, la base de referencia más sencilla es la forma no hidratada, es decir, el CaO (MgO en el caso de los materiales cálcico-magnésicos). Este sistema es adecuado para todas las enmiendas cálcicas.

En el caso de los abonos orgánicos, la base de referencia que conviene utilizar es la indicación de la materia orgánica, ya que lo fundamental es precisamente el aporte de compuestos orgánicos, y no, por ejemplo, el aporte de carbono (C).

### **Especificación de la riqueza o fracción activa**

Al consumidor, lo que le interesa en definitiva es saber qué sustancias activas contiene el abono y cuál es su eficacia. El contenido de sustancias no activas o poco activas no es significativo en la práctica. El precio, al menos, debería regirse por la riqueza en materia activa. Desde el punto de vista del consumidor; los abonos deberían por tanto caracterizarse solamente por su contenido de componentes activos.

Pero, por otro lado, la indicación de la riqueza de una sustancia química resulta más clara y más comprensible cuando se detallan todos los elementos que ésta contiene. Desde una perspectiva legal se produce por tanto una preferencia a favor de la especificación del contenido total, ya que la ley de abonos no es una ley de utilización, sino una ley de tráfico que requiere una posibilidad homogénea de inspección.

Normalmente, se ha de utilizar la indicación del contenido total en todos aquellos casos en los que éste equivale aproximadamente a la riqueza en materia activa. Esto también se aplica a los fertilizantes cuya efectividad depende mucho de las condiciones del suelo en cualquier caso dado. En el caso especial de los fosfatos y en respuesta a las exigencias de los consumidores, en vez de indicar la riqueza total (que es menos significativa), se utiliza la indicación del contenido de fosfato *activo*, como base para la comercialización de estos abonos.

### **1.2.3 Clasificación de los abonos**

El número de materiales utilizados como abonos es muy alto; su composición y procedencia son muy diversas y sus posibilidades de utilización son múltiples. Muchos residuos son utilizados como abonos desde el inicio de la agricultura; otros abonos, sin embargo, son modernos productos de síntesis. Algunos abonos se producen y utilizan en la explotación agrícola, los demás se adquieren en el mercado. Muchos abonos están indicados prioritariamente para suministrar sustancias nutritivas a las plantas; otros no contienen prácticamente estas sustancias, y sirven

para mejorar el suelo, y así, indirectamente aseguran una mejor nutrición de las plantas. Desde el punto de vista químico, los abonos pueden ser compuestos inorgánicos (en su mayoría, sustancias minerales) o compuestos orgánicos. Pueden contener una o varias sustancias nutritivas [24, 16].

Debido a esta multiplicidad de los materiales fertilizantes es difícil construir un sistema de clasificación que contenga adecuadamente todos estos puntos de vista. Por eso, las clasificaciones que se exponen a continuación se atienen a diferentes aspectos que pueden, sin embargo, solaparse parcialmente.

### 1. Clasificación de los abonos según la forma de obtención

Abonos *naturales* son aquellos que se han formado por medios naturales y que se utilizan sin ningún tipo de transformación, o con una transformación muy ligera; por ejemplo, el estiércol (fresco o descompuesto), la turba, el follaje, el lodo, la ceniza, la marga caliza o la fosforita.

Se llaman abonos *artificiales* (abonos sintéticos) los que son producidos en fábricas por medios técnicos, ya sea por transformación química de productos naturales (p. ej., los abonos P y K) o por sistemas de síntesis de materiales elementales; este es el caso de la mayoría de los abonos nitrogenados.

La denominación de abonos *artificiales* tiene frecuentemente unas connotaciones negativas de sustitución ficticia, lo cual es totalmente erróneo (apart. 9.1.2). Sería más adecuado hablar, en sentido positivo, de productos elaborados de forma compleja. Hay que procurar evitar el término de abono *artificial* debido a las posibles interpretaciones erróneas.

### 2. Clasificación de los abonos según su procedencia

Los *abonos de granja* se producen en la explotación agrícola. Algunos ejemplos son el estiércol, el compost, el mantillo, la paja o las margas del subsuelo de las propias explotaciones.

Los *abonos comerciales* se adquieren en el mercado y se adaptan en su mayoría a las especificaciones de la ley de abonos. Actualmente este grupo comprende a la mayoría de los productos de abonado, los cuales son de importancia primordial para el suministro complementario en la agricultura intensiva.

### 3. Clasificación según su forma de actuar

Los abonos de *efecto directo* (abonos para la plantas) contienen proporciones importantes de sustancias nutritivas para las plantas, a las cuales abastecen directamente; a este grupo pertenece, por ejemplo, la mayor parte de los abonos comerciales N, P y K, y también el estiércol líquido y semilíquido, procedentes de la propia explotación.

Los abonos de *efecto indirecto* (enmiendas del suelo) mejoran sobre todo el sustrato nutritivo (en la agricultura; el suelo; en la horticultura el sustrato de cultivo);