

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 40° N y 40° 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 m³ 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 cítrica 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 cítrica 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 magnesio** 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 remobilizan, 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.

Asimismo, 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. Evi-

dentamente, 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 agrónomicamente 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= P₂O₅; K x 1,2= K₂O; 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 rendimien-



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

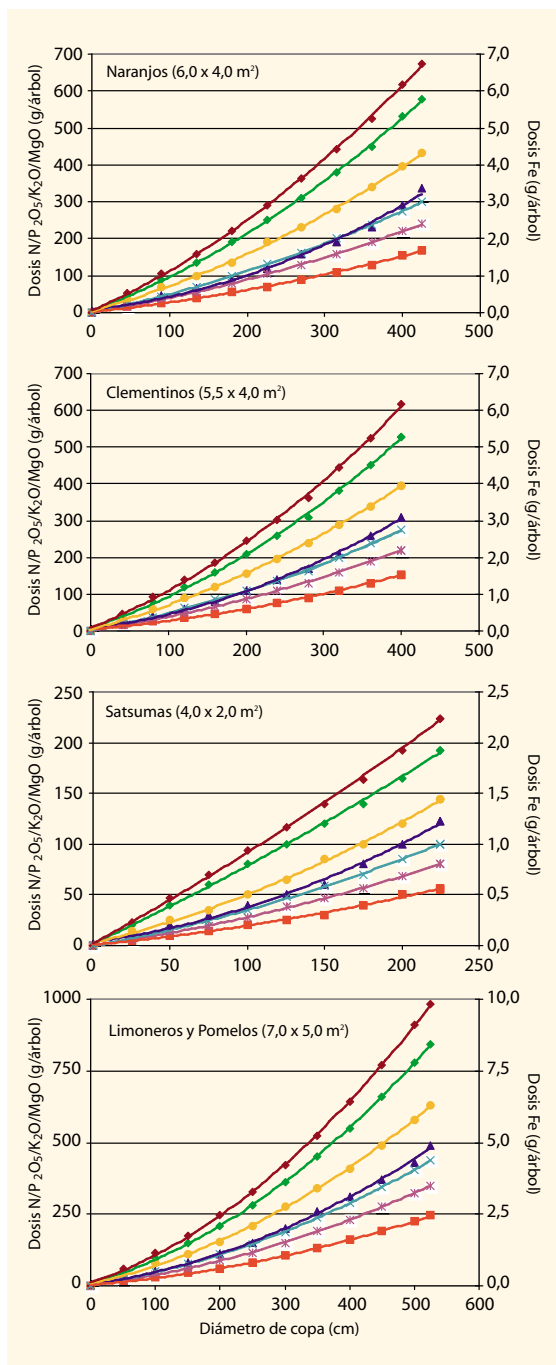
tos bajos o altos originan un crecimiento vegetativo abundante o escaso, respectivamente, que da lugar a un consumo similar de nutrientes. En la figura 24.1 se presentan las curvas de las dosis recomendadas (g/árbol) de N, P₂O₅, K₂O, MgO y Fe para los diferentes grupos de cítricos en función del diámetro de copa de las plantas.

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	$y = 0,0015x^2 + 0,9267x + 5,1062$	$y = 0,0016x^2 + 0,8413x + 8,5991$	$y = 0,0006x^2 + 0,8318x + 2,0271$	$y = 9E-06x^2 + 0,0035x + 0,0329$
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 ₂ O 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 ₂ O	$y = 0,0012x^2 + 0,2172x + 9,1551$	$y = 0,0012x^2 + 0,2844x + 5,3427$	$y = 0,0014x^2 + 0,2032x + 3,4648$	$y = 0,0011x^2 + 0,3137x + 5,5544$
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	$y = 6E-06x^2 + 0,0043x + 0,0049$	$y = 7E-06x^2 + 0,0039x + 0,0191$	$y = 7E-06x^2 + 0,0028x - 0,0022$	$y = 9E-06x^2 + 0,0035x + 0,0329$
Fe goteo	$y = 5E-06x^2 + 0,0034x + 0,0039$	$y = 6E-06x^2 + 0,0031x + 0,0152$	$y = 6E-06x^2 + 0,0022x - 0,0017$	$y = 7E-06x^2 + 0,0028x + 0,0263$

Figura 24.1. Dosis anual estándar de N inundación (♦), N goteo (◆), P₂O₅ (■), K₂O (▲), 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 ₂ O ₅ inundación	168	154	56	245	70
P ₂ O ₅ goteo	192	176	64	280	80
K ₂ O	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 asimila-

bles 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, P₂O₅, K₂O 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

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 24.6. 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 ₂ O ₅	2	1,9-1,1	1-0,6	0,5-0	0
Factor K ₂ O	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.

24.1 y las tablas 24.3 y 24.4 se corregirán multiplicándolas por los factores asignados a cada nivel foliar (tabla 24.6).

Corrección de las dosis de nitrógeno según el contenido en NO₃ 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

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, P₂O₅, K₂O, 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 ₂ O ₅			5	10	15	15	15	15	15	10		
K ₂ O			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 ₂ O ₅			5	10	15	15	15	15	15	10		
K ₂ O			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 ₂ O ₅			5	10	15	15	15	15	15	5	5	
K ₂ O			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 ₂ O ₅	0,1	bajo	153	1,6	245
K ₂ O	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.

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.



Árbol adulto de clementina de Nules en plena floración.

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, mar-

co, 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 agríos. Serie Fullets Divulgació nº 5-88. Conselleria 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. Conselleria 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.