



CITRICOS

Criterios básicos para conseguir una fertilización nitrogenada óptima

M.D. Serna y F. Legaz

INSTITUTO VALENCIANO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

En el cultivo de los cítricos de la Comunidad Valenciana se vienen aportando cantidades muy elevadas de fertilizantes nitrogenados que originan un flujo excesivo de nitrato en el agua de drenaje y la consiguiente contaminación de las aguas subterráneas. Para reducir la tasa de contaminación por nitrato y el gasto innecesario de fertilizantes es absolutamente necesario mejorar lo máximo posible la fertilización nitrogenada y la eficiencia de

Para reducir la contaminación por nitrato es absolutamente necesario mejorar la fertilización nitrogenada y la eficiencia del riego.

riego. En este artículo trataremos los aspectos relacionados con el cálculo de dosis de nitrógeno (N) ajustadas a las necesidades nutritivas del cultivo y de la estrategia a seguir para aplicar adecuadamente dicha dosis, a fin de conseguir un mejor aprovechamiento del N aplicado por la planta y por otro lado, conseguir que las pérdidas de N sean mínimas.

A. DETERMINACION DE LAS DOSIS DE ABONO NITROGENADO

Para aportar una dosis razonable de abono a una plantación de cítricos tenemos que considerar dos aspectos básicos: la cantidad de nitrógeno que consume el cultivo anualmente y la eficiencia o proporción del N que aprovecha el arbolado cuando aplicamos los fertilizantes nitrogenados.

A.1. NECESIDADES NUTRITIVAS DE "N" EN LOS CITRICOS

Las necesidades nutritivas se definen como la cantidad de N consumido por la planta durante un año, fundamentalmente, en la brotación-floración de primavera, fructificación y desarrollo de las sucesivas brotaciones. Las hojas del año anterior (hojas viejas) y los órganos vegetativos permanentes (troncos, ramas y raíces, etc.) también consumen N. Ahora bien, parte del N absorbido y acumulado en estos órganos, especialmente en las hojas viejas, es reutilizado para el desarrollo de nuevos órganos en ciclos posteriores.

Los valores del consumo anual de N en plantas de cítricos de diferentes edades se exponen en una columna de la Tabla 1. En otra columna se dan los porcentajes de N que son aportados por las reservas de las hojas viejas. Las diferencias entre ambos valores constituyen

TABLA 1. NECESIDADES NUTRITIVAS DE "N" EN LOS AGRIOS

EDAD	PESO SECO ARBOL (Kg)	PESO FRESCO COSECHA (Kg)	CONSUMO* ANUAL (g)	% CUBIERTO POR RESERVAS	NECESIDADES ANUALES (g)
Plantón (2 años)	1,2	-	6,8	25	5,1
Arbol en desarrollo (6 años)	32	28	210	32	142
Arbol adulto (12 años)	102	120	667	32	453

* N consumido en el crecimiento y desarrollo de nuevos órganos.

las necesidades anuales de N de la planta (dosis teórica).

Evidentemente, los valores presentados en esta tabla son de tipo medio y pueden variar en función de las características de la planta. Sin embargo, tienen un valor indicativo de las necesidades reales de N en los cítricos.

A.2. EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DE LOS ABONOS NITROGENADOS

Al aplicar el N de los fertilizantes, se ha de tener en cuenta que, la planta solo puede absorber una parte del mismo y el resto no es aprovechado por diferentes causas. Por ello se establece el concepto de "eficiencia del uso de un fertilizante nitrogenado" que se expresa como el porcentaje de N que aprovecha el cultivo cuando se aplican 100 Kg de N de dicho fertilizante. Por tanto, para calcular una dosis de N se han de aportar las necesidades nutritivas anuales de N de la planta (Tabla 1), más un incremento de N en función del porcentaje de eficiencia del uso de los fertilizantes nitrogenados. Las eficiencias estimadas para los fertilizantes más utilizados en la Comunidad Valenciana oscilan del 55 al 75%. La dosis se calcula del modo siguiente:

$$\text{DOSIS ANUAL} = \text{DOSIS TEORICA} \times f$$

f (factor de corrección) = 100/porcentaje de eficiencia.

Partiendo de los datos presentados en la Tabla 1 y teniendo en cuenta las eficiencias indicadas anteriormente se ha obtenido la Tabla 2. Estos valores son muy inferiores a las dosis de N que se vienen aplicando en las plantaciones adultas de cítricos (cantidades próximas a los 480 kg N/Ha/año).

Las cantidades expuestas en la Tabla 2 son de tipo medio y pueden variar en función del desarrollo y productividad de los árboles y de

■ TABLA 2. DOSIS ANUALES DE NITROGENO ORIENTATIVAS

EDAD DE LA PLANTACION (Años)	g N/ARBOL	Kg N/Ha
1-2	40- 80	16- 32
3-4	120-160	48- 64
5-6	240-320	96-128
7-8	410-500	164-200
9-10	550-600	220-240
>10	600-800	240-320

las características específicas de cada plantación.

B. OPTIMIZACIÓN DE LAS DOSIS DE NITROGENO

Es muy conveniente disponer de los análisis de suelo, agua de riego y del diagnóstico foliar a fin de corregir las dosis de la Tabla 2. El N aportado por la materia orgánica de suelo y el agua de riego pueden reducir considerablemente dichas dosis.

B.1. Las cantidades de N procedentes de la nitrificación de la materia orgánica del suelo (Tabla 3) deberán restarse de las unidades fertilizantes (UF) de nitrógeno indicadas en la Tabla 2. En plantaciones jóvenes, la reducción será

proporcional a la superficie de terreno explorada por las raíces.

B.2. El contenido en nitrato de las aguas de riego (Tabla 4) aporta también cantidades muy considerables de N que deben restarse de las dosis recomendadas en la Tabla 2.

La cantidad de nitrógeno por hectárea aportada por el agua de riego puede calcularse con la fórmula siguiente:

$$\text{Kg N/Ha} = \frac{\text{NO}_3^- \times \text{Vr} \times 22,6 \times \text{F}}{10^6}$$

NO₃⁻: Concentración de nitrato en el agua de riego en p.p.m. (partes por millón = mg/l)

Vr: Volumen total de riego en m³/Ha.

22,6: Porcentaje de N en la concentración de nitrato.

F: Factor que depende de la eficiencia de riego y considera la pérdida de agua por drenaje. Oscila entre 0,5 y 0,8 en función del sistema de riego utilizado. Se considera un valor de 0,7.

■ TABLA 3. NITROGENO PROCEDENTE DE LA NITRIFICACION DE LA MATERIA ORGANICA Y DEL PORCENTAJE DE ARCILLA DEL SUELO

% MATERIA ORGANICA	CANTIDAD ANUAL DISPONIBLE (KgN/Ha)		
	ARENOSO	FRANCO	ARCILLOSO
0,5	10-15	7-12	5-10
1,0	20-30	15-25	10-20
1,5	30-45	22-37	15-30
2,0	40-60	30-50	20-40
2,5	-	37-62	25-50
3,0	-	-	30-60

B.3. En el caso de que la concentración de N foliar no se encuentre dentro del intervalo normal (Tabla 5) deberán efectuarse también las siguientes correcciones en las dosificaciones de la Tabla 2. Para los estados nutritivos **deficiente** y **bajo** se incrementarán las dosis en un 30 y 15 %, respectivamente. Para los niveles **alto** y **exceso** se reducirán las dosis en un 20 y 40%, respectivamente.

C. ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DE LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS

Aunque las dosis que se vayan a aplicar sean las correctas, es muy conveniente establecer la estrategia que nos permita conseguir una eficiencia máxima, para ello tenemos que reducir las pérdidas de N que se originan en la aplicación de los fertilizantes nitrogenados y aumentar la proporción del N aplicado que absorbe el arbolado.

En condiciones normales de cultivo, una parte del N aplicado no es aprovechado por las plantas. Esto se debe a la inmovilización temporal del N por los microorganismos del suelo y a las pérdidas de éste por volatilización, desnitrificación, fijación en las arcillas y, principalmente, por lixiviación o lavado. El porcentaje de pérdidas depende de numerosos factores como son la forma del nitrógeno en los fertilizantes (nitrato, amonio,



Sintomatología foliar de la deficiencia en nitrógeno.



Sintomatología de un brote vegetativo óptimo en nitrógeno.

TABLA 4. APORTACION DE "N" POR EL AGUA DE RIEGO

CONCENTRACION DE NO ₃ (p.p.m.)	Kg N/Ha*
50	55
75	83
100	110
125	138
150	166

*: Las cantidades indicadas se han obtenido aplicando la fórmula indicada para un volumen total de riego de 7.000 m³/Ha y un valor de F=0,7.

TABLA 5. INTERPRETACION DEL ANALISIS FOLIAR DE NITROGENO EN CITRICOS

	NIVELES NUTRITIVOS ESTANDAR (% Sobre peso seco)				
	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESO
NARANJOS	<2,30	2,30-2,50	2,51-2,80	2,81-3,00	>3,00
CLEMENTINAS	<2,20	2,20-2,40	2,41-2,70	2,71-2,90	>2,90
SATSUMAS	<2,40	2,40-2,60	2,61-2,90	2,91-3,10	>3,10

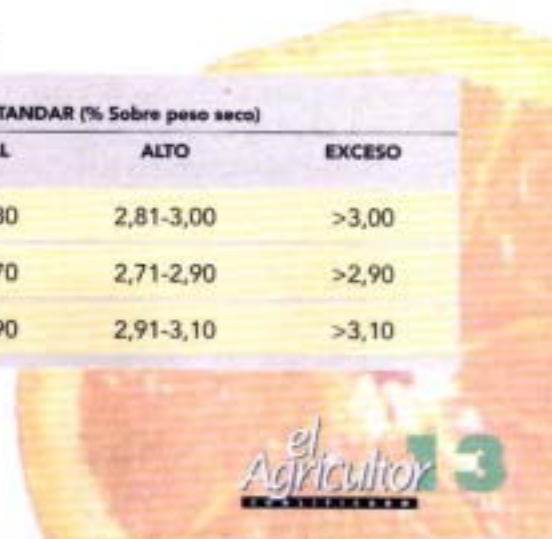
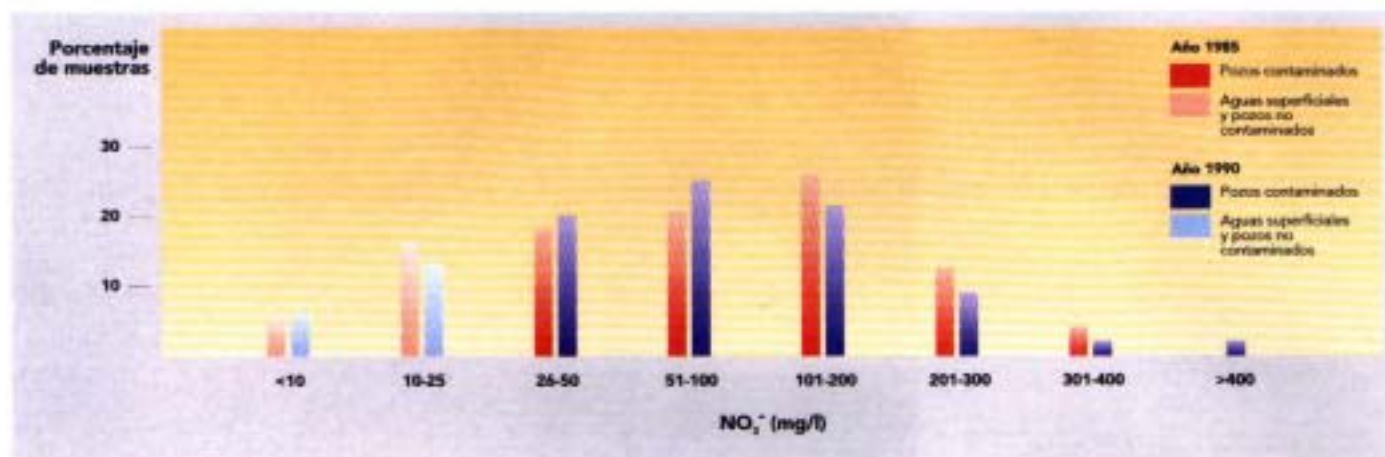


FIGURA 1. DISTRIBUCION EN % DEL CONTENIDO EN NITRATO EN AGUAS DE RIEGO



urea), tipo de suelo, características de la plantación, modalidad de cultivo, sistema de riego, pluviometría, temperatura, etc. Las pérdidas

Las aguas subterráneas presentan un alto contenido en nitrato en las zonas de agricultura intensiva del regadío valenciano.

de nitrógeno por los procesos citados (volatilización, desnitrificación y fijación en las arcillas) pueden considerarse escasas en las condiciones de cultivo de nuestros cítricos. Sin embargo, las pérdidas por lixiviación se han de tener muy en cuenta cuando se aplican altas dosis de fertilizantes nitrogenados. El exceso de N que no es aprovechado por las plantas es arrastrado por el agua de riego y las lluvias, en forma de nitrato, hasta los acuíferos. Como consecuencia de estos hechos **las aguas subterráneas presentan un alto contenido en nitrato en las zonas de agricultura intensiva de la Comunidad Valenciana** (Fig. 1). Valores supe-

riores a 50 miligramos de nitrato por litro se consideran altos, e indican una elevada contaminación del agua por este ion y por lo tanto, deben tomarse medidas para reducir el aporte de abonos nitrogenados. Los valores encontrados en las aguas superficiales de ríos, pantanos o en los pozos situados fuera de las zonas de cultivo intensivo, generalmente no sobrepasan los 15 mg/l de NO_3^- . Este aspecto confirma claramente **que la contaminación de los acuíferos es consecuencia de las altas dosis de fertilizantes nitrogenados que se vienen aplicando en las explotaciones agrícolas**. Además de las dosis excesivas, también influyen la forma del N aplicado y el drenaje del agua.

Los fertilizantes amoniacales liberan iones amonio que al disolverse en el agua del suelo se fijan en las posiciones de intercambio catiónico del complejo arcillo-húmico y después se transforman gradualmente en iones nitrato mediante un proceso controlado por las bacterias aerobias del suelo (nitrosomonas y nitrobacter) denominada nitrificación. En condiciones adecuadas de aireación, temperatura y pH la nitrificación total del amonio fijado dura alrededor de 40

días, siendo el proceso mucho más lento durante el invierno. Sin embargo, el ion nitrato de los fertilizantes nítricos o nítricoamoniacales es apenas retenido en la posición de intercambio iónico del suelo. Por ello, el nitrato tiene gran movilidad y es arrastrado fuera del alcance de las raíces, sobre todo, en suelos muy permeables.

La contaminación de los acuíferos es consecuencia de las altas dosis de fertilizantes nitrogenados que se emplean.

Puesto que el transporte del nitrato en el suelo se realiza a través del agua, todo aquello que influya en la tasa de drenaje afectará al flujo de nitrato hacia las aguas subterráneas. Los factores fundamentales que influyen en el drenaje de los suelos son la textura, la lluvia y el riego.

Los suelos arcillosos tienen una mayor capacidad de almacenamiento de agua que los arenosos y una menor tasa de infiltración. En

los riegos tradicionales el drenaje puede ser prácticamente independiente de la textura, cuando el tamaño de las unidades de riego, los caudales de agua y la frecuencia del riego se practican teniendo en cuenta el tipo de textura del suelo. No obstante, el drenaje inducido por lluvias intensas será mayor en los suelos arenosos.

El drenaje provocado por las precipitaciones depende de la cuantía de éstas, de su intensidad y de la humedad del suelo antes de la lluvia. En nuestra zona la máxima pluviometría suele producirse durante el otoño e invierno, períodos en que la absorción de N por los cítricos alcanza los valores mínimos. Estas dos circunstancias hacen que en estas épocas las pérdidas de nitrato por percolación profunda sean muy elevadas.

En cualquier sistema de riego, es necesaria una determinada pérdida de agua para evitar que la acumulación de sales en la zona radicular cause daños en el cultivo. Esta pérdida de agua por drenaje se denomina "requerimiento de lavado", y depende de la calidad de las aguas de riego. Cuando éstas contienen un bajo contenido en sales, el requerimiento de lavado debería ser, en general, bastante me-

Las pérdidas de agua y nitrato por drenaje se pueden reducir aplicando volúmenes de agua de riego acordes con las necesidades de los cítricos.

nor que las fracciones de lavado que generalmente se dan en los riegos tradicionales por inundación o surcos. Así pues, las pérdidas de agua y nitrato por drenaje se podrían reducir aplicando volúmenes de agua de riego más acorde con las necesidades del cultivo de los cítricos.

Los sistemas de riego de alta frecuencia (goteo, microaspersión, exudación) permiten una dosificación más controlada de agua y de nitrógeno y, bien manejados, podrían disminuir las pérdidas de N y agua por drenaje.

Expuestas las causas que influyen en las pérdidas de N por lavado, las medidas que se recomiendan van encaminadas a reducir, en lo posible, estas pérdidas y a

mejorar la absorción de N por la planta.

■ **Seleccionar el abono más adecuado para cada tipo de suelo y época de aplicación.**

Los tipos de fertilizantes más adecuados en función de las características del suelo se exponen la Tabla 6. En primavera deben utilizarse abonos con el N en forma amoniacal, mientras que en verano pueden aplicarse formas nítricas o mixtas. La eficiencia de los abonos nítricos aumenta en los terrenos arcillosos, mientras que los amoniacales mejoran en los terrenos arenosos.

■ **Fraccionar la aportación de los abonos.**

La aplicación de la dosis de N en varias fracciones distribuidas a lo largo del período de actividad vegetativa es otro aspecto que aumenta la eficiencia de los fertilizantes. Los abonos nitrogenados deben repartirse al menos en dos aplicaciones, una en primavera y otra en verano. En los terrenos arenosos es conveniente fraccionar las unidades fertilizantes (UF) correspondientes al verano en dos veces, sobre todo, cuando se aportan formas nítricas (Tabla 7).

■ **TABLA 6. TIPOS DE FERTILIZANTES EN FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO**

FERTILIZANTES	SUELOS CON CONTENIDO BAJO EN CARBONATO CALCICO	SUELOS CON CONTENIDO ALTO EN CARBONATO CALCICO	SUELOS ACIDOS	SUELOS SALINOS
Nitrogenados	Nitrato amónico cálcico Nitrato cálcico	Sulfato amónico Nitrosulfato amónico Nitrato amónico Urea	Nitrato amónico cálcico Nitrato cálcico	Nitrato amónico Nitrato amónico cálcico Nitrato cálcico Urea
Fosfarados	Superfosfato de cal	Fosfato diamónico	Fosforitas Escorias Thomas	Superfosfato de cal Fosfato diamónico
Potásicos	Sulfato potásico	Sulfato potásico	Nitrato potásico	Nitrato potásico

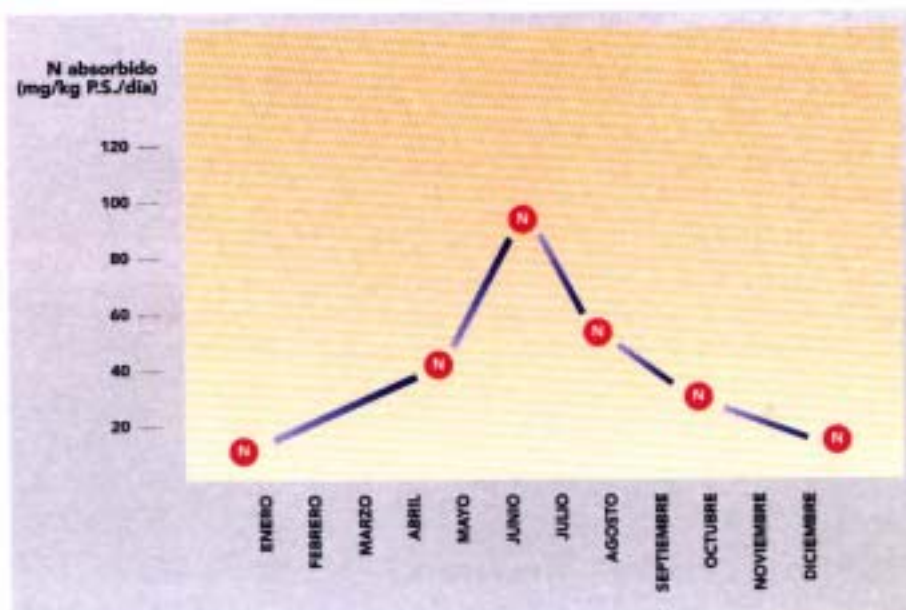
TABLA 7. TIPOS DE FERTILIZANTES EN FUNCION DEL SUELO Y DE LA EPOCA DE ABONADO

EPOCA	TERRENOS FRANCOS Y ARCILLOSOS		TERRENOS ARENOSOS	
	CALIZOS	NO CALIZOS	CALIZOS	NO CALIZOS
Primavera 1.º Marzo	Sulfato amónico (40% UF)	Nitrato amónico-cálcico (50% UF)	Sulfato amónico (33% UF)	Nitrato amónico-cálcico (33% UF)
Julio			Nitrato amónico (33% UF)	Nitrato amónico-cálcico (33% UF) o Nitrato cálcico (33% UF)
Verano	Nitrato amónico (60% UF)	Nitrato amónico-cálcico (50% UF) o Nitrato cálcico (50% UF)		
Agosto			Nitrato amónico (33% UF)	Nitrato amónico-cálcico (33% UF) o Nitrato cálcico (33% UF)

TABLA 8. ABONADOS CON ALTO FRACCIONAMIENTO

EPOCA	TIPO DE ABONO	% DE LA DOSIS TOTAL
1.º Marzo	Sulfato amónico	20% UF N
Abril	Urea o Solución N-32	20% UF N
Mayo-Junio	Urea o Solución N-32	20% UF N
Julio	Nitrato amónico o Solución N-32	20% UF N
Agosto	Nitrato amónico o Solución N-32	20% UF N

FIGURA 2. ABSORCION ESTACIONAL DEL "N" EN ARBOLES ADULTOS



En la Tabla 8 se dan las recomendaciones para efectuar un abonado en cinco aplicaciones, especialmente recomendado para plantaciones con riego por inundación donde sea posible disolver los fertilizantes nitrogenados en el agua de riego.

Este mayor grado de fraccionamiento está especialmente indicado en terrenos arenosos o con escasa profundidad, donde las pérdidas de N por lixiviación son normalmente elevadas.

Los riegos que van acompañados de una incorporación de abono deberán efectuarse con un bajo volumen de agua para evitar que la menor cantidad posible de N se desplace por debajo del sistema radicular.

Los sistemas de riego localizado permiten un máximo fraccionamiento en la aplicación de los abonos, ya que éstos se aportan diariamente o varias veces por semana disueltos en el agua de riego. con este sistema de riego se pueden alcanzar las máximas eficiencias en la absorción de N y si se maneja correctamente el agua de riego, las pérdidas por lavado pueden reducirse al mínimo.



Aspecto de una plantación de clementina de Nules. Distribución del nitrógeno de acuerdo a la curva de absorción estacional.

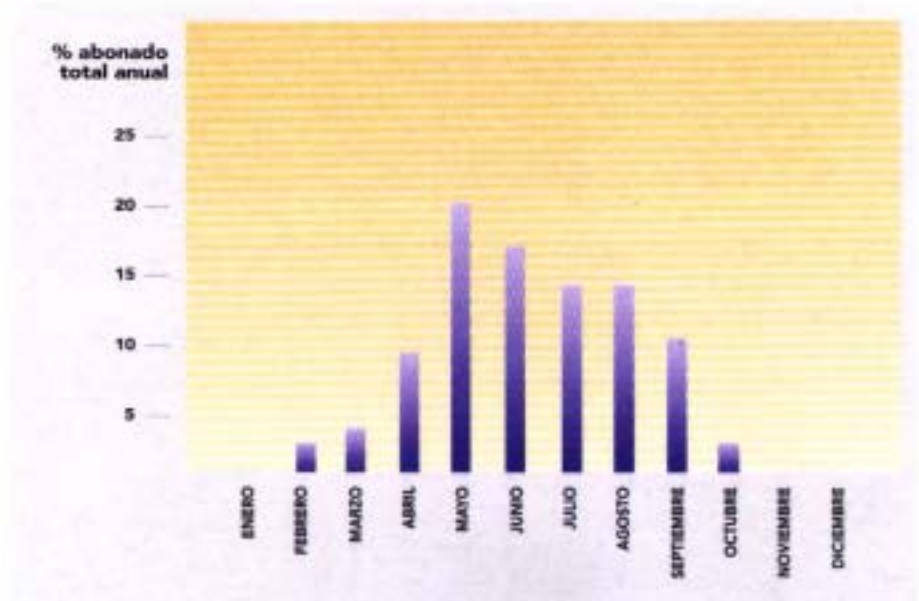
■ **Acoplar la dosis de N a las necesidades nutritivas estacionales de la planta.**

Para cumplir este principio es necesario disponer de la curva de consumo estacional de N en los cítricos y de un sistema de riego que permita suministrar en cada época el N que demanda la planta.

En investigaciones realizadas en el I.V.I.A. con fertilizantes enriquecidos con el isótopo 15 del nitrógeno se ha obtenido la curva de absorción estacional de N en los cítricos (Fig. 2.)

La absorción alcanza los mínimos valores durante el invierno, aumenta en primavera y alcanza su máximo valor al final de la misma, coincidiendo con el período de cuajado del fruto. Durante el verano se mantiene a nivel alto y disminuye de forma progresiva durante el otoño.

■ **FIGURA 3. DISTRIBUCION DEL ABONADO NITROGENADO EN FETIRRIGACION**



El sistema de riego localizado permite **distribuir** la dosificación del abono siguiendo la curva de absorción estacional de N, ya que se puede aplicar hasta diariamente el abono disuelto en el agua de riego. En la figura 3 se expone un modelo de dosificación del abono nitrogenado a lo largo del ciclo anual de crecimiento de los cítricos, acoplado a las necesidades nutritivas de éstos. Es evidente que la aplicación de mayores cantidades de abono en los períodos de máximo consumo, mejora notablemente la eficiencia de la fertilización nitrogenada.

■ **Evitar la aplicación de abonos nitrogenados en otoño e invierno.**

Dada la baja absorción de N éstas épocas (Fig. 2) debe evitarse practicar la fertilización nitrogenada y, sobre todo, la aplicación del N forma de nitratos.

■ **Mejorar la eficiencia del riego.**

Para evitar el arrastre de nitratos a las capas profundas del suelo es fundamental utilizar volúmenes

de riego moderados que no sobrepasen la capacidad de campo de la capa del suelo ocupada por las raíces del cultivo. En el caso de riego por inundación, la eficiencia óptima se conseguirá alcanzando un equilibrio entre el volumen de agua aportado en cada riego y la frecuencia de los mismos. Estos factores variarán en función de la textura del suelo, la profundidad del sistema radicular y las necesidades hídricas del cultivo, cuanto mayor sea la eficiencia del riego, más se reducirá el arrastre de nitratos a las capas profundas del suelo. En el caso del riego localizado se puede conseguir una alta eficiencia al ejercerse un mejor control de la dosificación del agua. Para ello, deberá aplicarse diariamente un volumen de agua en función de las necesidades hídricas de la planta, que variarán a lo largo del año. Adicionalmente se puede variar el número de punto de goteo y la frecuencia de riego, en función de la textura del terreno, para conseguir un tamaño de bulbo de humedad que minimice las pérdidas por lixiviación.

■ **Utilizar fertilizantes nitrogenados que contienen inhibidores de la nitrificación.**

La mayoría de los fertilizantes nitrogenados utilizados en cítricos son aplicados en forma amoniacal o en forma de productos que liberan amonio. El amonio es rápidamente oxidado por las bacterias nitrificantes del suelo a N en forma de nitrato, el cual se pierde fácilmente por lavado. Puesto que el amonio es menos susceptible a éstas pérdidas, el retrasar la transformación del amonio a nitrato mediante el uso de inhibidores de la nitrificación, puede mejorar la eficiencia del N aplicado. Por tanto, los fertilizantes con inhibidores de la nitrificación pueden presentar una alternativa a las aplicaciones fraccionadas de fertilizantes nitrogenados, práctica que ocasiona un coste adicional de mano de obra. La diciandiamida (DCD) es un efectivo inhibidor de la nitrificación que actúa sobre las bacterias nitrosomonas del suelo, reduciendo la tasa de transformación de amonio a nitrato.

R E C O M E N D A C I O N E S

- Seleccionar el abono más adecuado para cada tipo de suelo y época de aplicación.
- Fraccionar la aportación de los abonos.
- Acoplar la dosis de N a las necesidades nutritivas estacionales de la planta.
- Evitar la aplicación de abonos nitrogenados en otoño e invierno.
- Mejorar la eficiencia del riego.
- Utilizar fertilizantes nitrogenados que contengan inhibidores de la nitrificación.