

Uso eficiente del nitrógeno en la fertilización de los frutales de hueso

José Luís Espada Carbó.

Área de Cultivos Leñosos. Centro de Tecnología Agroalimentaria.
Dpto. de Agricultura y Alimentación (Gobierno de Aragón).

Los nitratos actualmente constituyen la principal fuente de contaminación difusa de las aguas superficiales y subterráneas. Para hacer frente a dicha contaminación, muchos países han realizado cambios en su ordenamiento legislativo, configurando normativas que regulan las explotaciones agrícolas y ganaderas.

En este primer artículo se determinan las extracciones y aportaciones de nitrógeno del sistema suelo-árbol, dando a conocer las cantidades que se deben aportar al árbol y el calendario de necesidades.

En la segunda parte del artículo, que se publicará en el próximo número de Vida Rural, se tratarán temas como en qué lugar conviene aplicarlo, bajo qué forma y en qué formulación.

La experiencia demuestra que, en suelos de fertilidad normal, el nitrógeno es el elemento clave en la nutrición de los cultivos, siendo el aumento de cosecha muy importante a dosis bajas, pero a medida que aumentamos la cantidad aportada el incremento de rendimiento disminuye, produciendo también deterioro de algunas características cualitativas de la cosecha, alteración de la sanidad del cultivo y afectar negativamente a la calidad ambiental.

Determinación de las extracciones de nitrógeno del sistema

La cantidad de nitrógeno necesaria depende de la edad del árbol, de su producción y de su vigor (suelo, variedad, patrón, técnicas culturales). A continuación se analizan con detalle estos aspectos.

Las necesidades de árboles jóvenes

El problema que se plantea es cómo calcular la fertilización de una plantación de árboles jóvenes. Este periodo, hasta alcanzar una producción y volumen de copa estable, puede ser más o menos largo según la especie, patrón y técnicas de cultivo. Utilizando las actuales variedades y patrones y nuevas técnicas de multiplicaciones, las plantaciones de algunas especies entran en producción el segundo o tercer año. Se sabe que durante este periodo, el crecimiento del volumen de copa está bien correlacionado con el crecimiento del diámetro del tron-



FOTO: Francisco Miarnau.

Cuadro I.

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

Especie	Año 1	Año 2	Año 3 y sucesivos hasta alcanzar plena producción
Melocotonero	20	35	50 + 1,3 kg de N/t de frutos
Ciruelo	20	35	50 + 0,9 kg de N/t de frutos
Albaricoquero	20	35	50 + 1,2 kg de N/t de frutos
Cerezo	20	35	50 + 1,3 kg de N/t de frutos

Cuadro II.

Extracciones medias anuales de N por los árboles adultos (kg de N/t de fruto).

Especie	Extracción total (kg de N/t fruto)
Albaricoquero	5,2
Cerezo	8
Melocotonero	4,8
Ciruelo	4,8

Cuadro III.

Distribución porcentual del N del árbol (%).

Cultivo	Fruto	Hojas	Madera	Raíces	Total
Albaricoquero	46,7	23,3	23,3	6,7	100
Cerezo	52	20	22	6	100
Melocotonero	46,7	23,3	23,3	6,7	100
Ciruelo	46,7	23,3	23,3	6,7	100

Cuadro IV.

Criterios de salidas del N (extracción) y residuo.

Cultivo	Salidas (extracción)	Residuo
Frutales de hoja caduca	Cosecha	0
	Madera	12,5% de madera podada
	Hojas	50% de hojas
	Raíces	50% de raíces

co. Entonces, es posible a partir del crecimiento de la sección del tronco, deducir las necesidades de abonado que permitan al árbol un adecuado desarrollo. En base a este razonamiento y a título de primera aproximación, se han obtenido los datos que figuran en el **cuadro I**.

La base para la determinación de la dosis de fertilizante se apoya en los resultados de exportaciones de elementos nutritivos, obtenidos en parcelas experimentales y mediante el control de la absorción de árboles mantenidos en contenedores (Batjer de Rogers, 1952; Butjin, 1961; Trocmé, 1962; Huguet C., 1988; Ctif, 1989-1990).

Las necesidades de árboles adultos

Las exportaciones o extracciones totales de nitrógeno del suelo por las distintas especies de árboles frutales caducifolios con mayor implantación en Aragón figuran en el **cuadro II**. Las exportaciones expresadas en kilos de nitrógeno por tonelada de fruto producido, engloban las necesidades correspondientes para la producción de frutos, el crecimiento de hojas, ramas, troncos y raíces.

Las estructuras permanentes de los árboles, tronco, ramas y raíces, aunque en menor proporción (28-38% del total), también consumen. En el **cuadro III**, se especifica el porcentaje de participación de los componentes de cada órgano del árbol en las extracciones de nitrógeno.

En el **cuadro IV** se especifican los criterios de extracciones o salidas y residuo del cultivo.

Parte del nitrógeno exportado del suelo por los árboles retorna en forma de residuo (**cuadro V**). Dicho nitrógeno hay que tenerlo en cuenta a la hora de realizar el balance.

El coeficiente de extracción neta de nitrógeno de los árboles (**cuadro VI**) corresponde a la diferencia entre el coeficiente de extracción total y la parte calculada como "residuo".

La reflexión sobre la dosis de abonado nitrogenado en una plantación de frutales, es también una cuestión de experiencia y del seguimiento respecto al comportamiento de los árboles de la parcela en años precedentes.

Como se preconiza actualmente, se puede modular en más o menos a partir de una dosis de partida o dosis recomendada, establecida por el sistema de extracciones. En general, las necesidades son proporcionales al volumen del árbol, a la iluminación y rendimiento (cosecha). Los dos primeros factores son generalmente poco variables para plantaciones en producción, por lo que será la previsión de cosecha (kg/árbol), lo que permitirá ajustar la dosis. Como este parámetro es muy importante, es imprescindible ser realista en la cosecha prevista. No obstante, como tenemos la posibilidad de hacer correcciones después del aclareo de frutos, el ajuste final puede ser bastante bueno.

Necesidades de la hierba de cobertura del suelo

La restitución de necesidades de la hierba de cobertura del suelo dependen del sistema de mantenimiento del suelo, tipo de riego y composición de la hierba de cobertura. En nuestro caso, estimamos que la mayoría de los frutales mantienen los 2/3 del suelo con cobertura de hierba natural que generalmente se tritura y se incorpora al suelo como residuo.

Para evitar competencia por el uso de nitrógeno del suelo entre la cubierta de hierba y los árboles, los dos primeros años hay que incorporar al suelo las exportaciones totales de nitrógeno que realiza la hierba (**cuadro VII**).

En el **cuadro VIII** se especifica el porcentaje de distribución del nitrógeno en la biomasa de una pradera polífita.

Del total de exportaciones de nitrógeno por la hierba de cobertura, se estima que un 12,5% queda como residuo en forma de rastrojo (**cuadro IX**).

Cuadro V.

Porcentaje del nitrógeno total extraído que retorna como residuo.

Cultivo	% de residuos del N total extraído				Residuo (% de N total extraído)
	Madera podada (12,5%)	Hoja (50%)	Raíces (50%)	Total	
Albaricoquero	12,5	11,65	3,35	27,5	27,5
Cerezo	12,5	10,00	3	25,5	25,5
Melocotonero	12,5	11,65	3,35	27,5	27,5
Ciruelo	12,5	11,65	3,35	27,5	27,5

Cuadro VI.

Extracciones netas de N por los árboles (kg/t de fruto).

Cultivo	Coef. extracc. total (kg N/t de fruto)	% residuo	% extracción neta	Coef. extracc. neta (kg N/t fruto)
Albaricoquero	5,15	27,5	72,5	3,73
Cerezo	8	25,5	74,5	5,96
Melocotonero	4,8	27,5	72,5	3,48
Ciruelo	4,8	27,5	72,5	3,48

Cuadro VII.

Extracción total de la hierba (60% cobertura del suelo).

Tipo	Producción (t/ha de m.s)	(%) peso bruto	Exportación de N (kg/ha)
Pradera polifita (18% Leguminosa)	3,5	10,3	34,61
Pradera polifita (8,5% Leguminosa)	3,5	11,6	39,98

Cuadro VIII.

Porcentaje de la distribución de nitrógeno en la biomasa de una pradera polifita.

Cultivo	Cosecha	Tallo+hoja	Rastrojo
Pradera polifita	0	87,5	12,5

Cuadro IX.

Cálculo de las salidas (% del N extraído y el residuo de nitrógeno).

Cultivo	Extracción (%)	Residuo (% de N)
Pradera polifita	87,5	12,5

Cuadro X.

Extracción neta de la hierba (60% cobertura del suelo).

Tipo	Producción (t/ha de m.s)	Exportación total de N (kg/ha)	Residuo (% de N)	Exportación neta de N (kg/ha)
Pradera polifita (18% leguminosa)	3,5	34,61	12,5	30,28
Pradera polifita (8,5% leguminosa)	3,5	38,98	12,5	34,10

A partir del segundo año, sólo se debe considerar en el balance la exportación neta de nitrógeno del suelo por la hierba de cobertura en función de la producción de materia seca y el porcentaje de leguminosas.

En el **cuadro X** se ha calculado la exportación neta de nitrógeno para dos tipos de cobertura (pradera) con distinto porcentaje de leguminosa y con una producción de materia seca de 3,5 t/ha.

En la mayoría parte de las coberturas con especies propias de la parcela, las exportaciones netas oscilan entre 30-35 kg de nitrógeno por hectárea y año.

Aportaciones o entradas de nitrógeno al sistema

Aportaciones del suelo

El nitrógeno suministrado por la mineralización de la materia orgánica del suelo, se puede calcular muy aproximadamente y globalmente a partir de las características de la materia orgánica del suelo, determinada analíticamente, y del coeficiente de mineralización determinado experimentalmente y ligado a la humedad, temperatura, contenido en arcilla y caliza del suelo. Los resultados son muy variables. Según las fuentes documentales, se puede obtener una horquilla de 40 a 80 kg/ha y año. En algunos suelos, se han determinado 100 kg/ha y año de nitrógeno procedente de la mineralización de la materia orgánica (Decroux J., Boulay H., 1988).

Es difícil saber cuando este stock de nitrógeno está disponible para el árbol. A medida que avanza el verano, la temperatura del suelo se incrementa y la mineralización es más intensa, si no falta hu-

medad. No obstante, es difícil predecir con una buena aproximación cuánto y cuándo un suelo libera el nitrógeno mineral a partir de su materia orgánica (temperatura, humedad) y tampoco es fácil saber en qué proporción y según qué calendario el nitrógeno mineral del fertilizante es consumido por la biomasa del suelo (reorganización).

La mineralización del nitrógeno orgánico del suelo (incluyendo residuos vegetales y abonos orgánicos) necesita evaluarse también y depende para una determinada plantación, principalmente, de los residuos del cultivo (madera de poda, hojas) y de la textura del suelo. En el **cuadro XI**, se reflejan las cantidades de nitrógeno mineralizado en distintos tipos de suelo en condiciones climáticas mediterráneas.

El contenido de nitrógeno de diferentes abonos orgánicos, así como sus tasas anuales de mineralización se especifican en el **cuadro XII**.

El nitrógeno mineral del suelo (procedente de la mineralización de la materia orgánica, del agua de riego y de los fertilizantes minerales), hay que determinarlo mediante análisis de suelo o de la solución del suelo.

Los análisis de suelo exigen un trabajo minucioso de muestreo de las parcelas y deben realizarse rápidamente en laboratorio. Por ello, sería importante hacer una determinación en todas las parcelas y tener referencias de todas las situaciones en los momentos críticos. Actualmente existen métodos rápidos y baratos para la determinación de nitratos de la solución del suelo (Nitracheck). No obstante, es necesario un ajuste previo en cada campaña y área de cultivo que nos permita transformar los valores leídos en Nitracheck en sus correspondientes de nitrógeno mineral.

Aportaciones de nitrógeno por el agua de riego

Estas dependen del contenido de nitrógeno en el agua utilizado a lo largo del periodo de riego del cultivo. A título de ejemplo y estimando que se aplican al cultivo 6.500 m³/ha de agua con un contenido

Cuadro XI.

Nitrógeno orgánico mineralizado en distintos tipos de suelo según su nivel de materia orgánica.

M. orgánica suelo (%)	Nitrógeno mineralizado (kg/ha y año)		
	Suelo arenoso	Suelo franco	Suelo arcilloso
0,5	10-15	7-12	5-10
1,0	20-30	12-25	10-20
1,5	30-40	22-37	15-30
2,0	40-60	30-50	20-40
2,5		37-62	25-50
3,0			30-60

Fuentes: Datos tomados del Código de Buenas Prácticas Agrarias (C.A. Valencia).

Cuadro XII.

Porcentaje de mineralización durante el primer año de diferentes abonos orgánicos.

Tipo	Riqueza (% S/m.s.)	% N mineralizado 1º año
Estiércol de bovino	1,2	20-30
Estiércol de oveja (sirle)	2-2,5	40-50
Estiércol de porcino	1,5-2	40-50
Purines de porcino	0,4*	30-60 (otoño-primavera)
Gallinaza	2-5	60-90
Lodos de depuradora	2-7	30-40
Compost de residuos sólidos urbanos	1-1,8	15-20
*Porcentaje referente a materia húmeda.		

Continúa en pág. 38▶

Protección desde la siembra



Escarabajo de la patata



Pulgones



Rhizoctonia solani

Escocet[®]

(Incluido en producción integrada)

Trotis[®] 12,5 DS

Trotis[®] 25 SC

(Incluido en producción integrada)

¡Patatas sanas desde la siembra!

- Aplicar al tubérculo antes o durante la siembra.
- Cómodo y sencillo.
- Protección completa y duradera.



Bayer CropScience

de nitrato de 5 mg/l, la aportación de nitrógeno al suelo sería de 7,3 kg/ha (el nitrato contiene un 22,5% de nitrógeno), calculado tal y como se muestra en la **expresión 1**.

Expresión 1.

$$(6.500 \times 100 \times 5) = 3.250.000 \text{ mg de nitrato (NO}_3^-) = 32,5 \text{ kg de NO}_3 \\ (32,5 \times 22,5) / 100 = 7,3 \text{ kg de nitrógeno (N).}$$

Para facilitar los cálculos, en el **cuadro XIII** se especifican las cantidades de nitrógeno aportadas al suelo por el agua de riego en función de la cantidad de agua utilizada y de su contenido en nitratos.

Actualmente hay medidores portátiles relativamente económicos que permiten determinar fácilmente el contenido de nitratos en el agua de riego.

Épocas o estados fenológicos de aplicación del nitrógeno

El consumo de nitrógeno por el árbol varía a lo largo de la estación vegetativa y depende:

- De la disponibilidad de nitrato (NO_3^-) en la solución del suelo alrededor de los pelos absorbentes de las raíces, pero también de la disponibilidad de amonio (NH_4^+), sobre todo, en árboles jóvenes.
- De la actividad de absorción del árbol ligada a la temperatura del suelo a nivel de las raíces, al estado hídrico del suelo (entre asfixia y punto de marchitez), a la fotosíntesis y la respiración, a la presencia de reservas de azúcares en las raíces, por citar los factores más importantes.
- Del crecimiento de brotes y frutos en función del clima (iluminación, duración del día, temperatura).

Estos tres grupos de factores son interactivos. Toda esquematización simple en el marco de esta guía práctica, es imposible. Además, los conocimientos científicos sobre estos hechos no están totalmente desarrollados.

Las necesidades en el tiempo de elementos minerales han sido estudiados sobre diferentes especies. Los resultados, bastante coherentes entre ellos, han sido obtenidos sobre forma de cinéticas de absorción o bien bajo forma de cinéticas de acumulación (Soing et Mandrin, 1993; Vaysse et Reynier, 1999).

Cuadro XIII.

Cantidad de nitrógeno aportado con el agua de riego (kg/ha) según consumos y contenido en nitrato.

Consumos agua m ³ /ha y año	Cantidad de nitrógeno (N) aportado por agua de riego (kg/ha)							
	Contenido de nitrato en el agua (mg/l)							
	5	10	15	20	25	30	40	60
2.000	2,3	4,5	6,8	9,0	11,3	13,5	18,0	27,0
2.500	2,8	5,6	8,4	11,3	14,1	16,9	22,5	33,8
3.000	3,4	6,8	10,1	13,5	16,9	20,3	27,0	40,5
3.500	3,9	7,9	11,8	15,8	19,7	23,6	31,5	47,3
4.000	4,5	9,0	13,5	18,0	22,5	27,0	36,0	54,0
4.500	5,1	10,1	15,2	20,3	25,3	30,4	40,5	60,8
5.000	5,6	11,3	16,9	22,5	28,1	33,8	45,0	67,5
5.500	6,2	12,4	18,6	24,8	30,9	37,1	49,5	74,3
6.000	6,8	13,5	20,3	27,0	33,8	40,5	54,0	81,0
6.500	7,3	14,6	21,9	29,3	36,6	43,9	58,5	87,8
7.000	7,9	15,8	23,6	31,5	39,40	47,3	63,0	94,5

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

- Las necesidades cruciales para la floración son cuantitativamente modestas, y pueden mayoritariamente ser cubiertas por las reservas del árbol (ciclo interno del nitrógeno). Esto es una ventaja, ya que las condiciones del suelo al final de invierno o principio de primavera, no son siempre las más favorables a la actividad de absorción de las raíces.

- A partir de la fase floración-cuajado, las necesidades crecen regularmente con y para el desarrollo de brotes y frutos.

- Después de la parada del crecimiento vegetativo de brotes (mediados a finales de junio), las necesidades se estacionan y bajan después de la recolección.

- Al final de la estación vegetativa y notablemente después de la recolección, las necesidades de nitrógeno almacenadas bajo forma orgánica en los órganos de reserva del árbol (raíz, tronco, ramas), deben ser satisfechas por las razones expresadas en el primer punto.

La reconstrucción del almacén de reservas del árbol, se realiza desde que las hojas están bien desarrolladas. No obstante, es a partir de la parada vegetativa del verano y sobre todo después de la recolección, cuando el nitrógeno que continua absorbiéndose se acumula en el árbol bajo forma de reserva. Las reservas se constituyen en todas las partes del árbol, pero mayormente en las raíces, ya sea por absorción directa o indirectamente a la caída de las hojas, gracias al retorno en el árbol del 10-60% del nitrógeno orgánico contenido en ellas.

Es importante asegurar una buena alimentación nitrogenada del árbol en esta fase (postrecolección-inicio de la ralentización de la actividad de las hojas).

Es probable que el nitrógeno procedente de la mineralización de la materia orgánica del suelo, pueda asegurar estas necesidades en ciertas condiciones:

- Niveles suficientes en materia orgánica humificada y caliza.
- Humedad suficiente: lluvias o riego.

Pero el conocimiento de la cantidad de nitrógeno liberado por un suelo en un momento dado, es poco previsible y difícil de medir. Por ello, es más prudente ayudar a la cobertura de necesidades del árbol por un aporte moderado de fertilizante. Aproximadamente se deben aportar un 15-20% de las necesidades totales (máximas: 30 kg/ha) en el momento que los brotes han dejado de crecer (mitad agosto-mitad septiembre). Si se abona más tarde, se corre el riesgo que el nitrógeno no sea totalmente absorbido y sea una fuente de contaminación (lluvias de invierno):

Es importante considerar que el calendario de disponibilidad de nitrógeno es tan importante como la cantidad total liberada.

Como resumen se puede concluir:

- Existen tres periodos críticos:

- Floración.
- Crecimiento activo de brotes y frutos.
- Parada vegetativa (recolección)-caída hojas.

- La necesidades cuantitativas son diferentes para cada periodo:

- 20% desde desborre a floración.
- 60% desde cuajado de fruto a parada crecimiento brotes y frutos.
- 20% desde parada crecimiento (brotes y frutos) a caída de hoja.

- Atención a los excesos en periodos de bajo consumo: riesgo de contaminación.

- Atención a los excesos en periodo de fuerte consumo: desequilibrio vegetativo y cualitativos del fruto.

- Cuanto más se fracciona el abonado, mejor. ■

La publicación completa de este artículo se puede consultar en la Guía de Actualización de la Fertilización Nitrogenada, publicada por el Centro de Transferencia Agroalimentaria del Gobierno de Aragón, perteneciente a la Dirección General de Desarrollo Rural.