



El nitrógeno en la fertilización razonada de frutales: Producción, calidad de fruta y medioambiente



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Orientación
y de Garantía Agrícola



**GOBIERNO
DE ARAGON**

Departamento de Agricultura

1. Introducción

En los últimos años existe una fuerte preocupación de la sociedad por la degradación continua del medioambiente. Esta sensibilidad se ha traducido por la emisión a nivel de la Unión Europea, España y CC.AA., de una serie de disposiciones oficiales relativas en particular a la protección del patrimonio AGUA. Directiva CEE nº 91/676 de 12 de diciembre, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias. Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero (BOE nº 61 de 11-03-96), sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias, y posteriormente, el Gobierno de Aragón mediante el Decreto 77/1997, de 27 de mayo (BOA nº 66 de 11-06-97), aprobó el Código de Buenas Prácticas Agrarias y designó zonas vulnerables a la contaminación.

Sobre el origen agrícola de las contaminaciones, los conocimientos son todavía incompletos, pero un cierto número de hechos parecen ahora sólidamente establecidos. Entre los fertilizantes, son el nitrógeno en mayor medida y el fósforo los que presentan los mayores riesgos de contaminación del agua, aire y suelo.

La experiencia demuestra que, en suelos de fertilidad normal, el elemento clave en la nutrición de los cultivos es el nitrógeno (N). Por lo general los cultivos incrementan su producción cuando aportamos nitrógeno. El aumento es muy importante a dosis bajas, pero a medida que aumentamos la cantidad aportada disminuye el incremento de rendimiento, de forma que a partir de una determinada dosis no sólo no se incrementa la producción sino que generalmente disminuye.

2. El nitrógeno

Es un elemento con mucha movilidad en el suelo y resulta clave, tanto por su importancia en la nutrición de las plantas como por los riesgos de contaminación que su aportación inadecuada puede provocar en el medioambiente. Las dosis excesivas o incorrectamente aplicadas a un determinado cultivo, nos ocasionará, casi seguro, pérdidas de producción y calidad, además de gastos innecesarios y afecciones medioambientales.

Los riesgos de contaminación afectan al aire y al agua.

En el aire:

- **Desnitrificación:** En ciertas condiciones de suelos asfixiantes, el nitrato del suelo (NO_3) es parcialmente reducido a nitrógeno gaseoso (N_2), no contaminante, ya que es un constituyente natural de la atmósfera. Por el contrario, son igualmente emitidos el protóxido de nitrógeno (N_2O) y óxidos de nitrógeno (NO , NO_2 ...); el primero es un gas de efecto invernadero y los otros son químicamente activos.
- **Volatilización:** El nitrógeno amoniacal (NH_3 , NH_4^+) en el suelo proviene de la mineralización de la materia orgánica, del aporte de fertilizantes amoniacales o ureicos y deposiciones atmosféricas. Una parte del nitrógeno puede perderse directamente en la atmósfera por volatilización del amoníaco (NH_3). Este fenómeno se amplía en suelos de pH elevado, temperatura alta y humedad insuficiente.

En el agua:

- **Fuga de nitratos (Lixiviación) hacia las aguas subterráneas:** Los nitratos del suelo provienen fundamentalmente de la mineralización de la materia orgánica y de los abonos.

El nitrato no es retenido en el suelo como el amoníaco o el fosfato.

El nitrato es susceptible de ser arrastrado en profundidad por los flujos de agua, si no es absorbido por las raíces. En ciertas áreas los nitratos no consumidos por los cultivos han sido lixiviados durante decenas de años. Es la causa de la contaminación de las aguas profundas. El origen de estos nitratos es doble: mineralización de la materia orgánica y fertilizantes nitrogenados (minerales y orgánicos).

- **Arrastre por las aguas de superficie:** En casos de fuerte lluvias o riegos inadecuados, son susceptibles de ser arrastrados como los fosfatos. En este caso, su efecto sobre las aguas se traduce en un proceso de eutrofización.

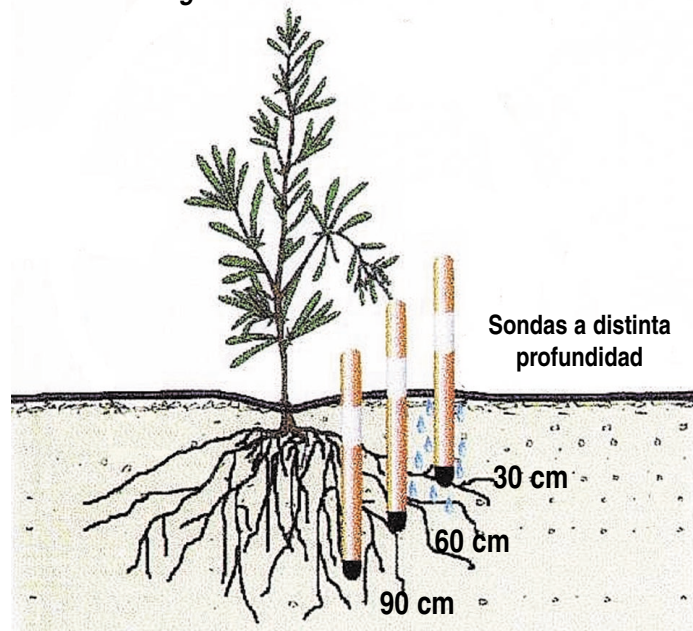
3. El nitrógeno en el suelo

Puede encontrarse en dos formas: nitrógeno orgánico y nitrógeno mineral.

El orgánico procede de restos de cosechas, raíces, hojas, o bien de estercolados, purines, lodos, compost, etc. Este tipo de nitrógeno se va transformando poco a poco en nitrógeno mineral. En el suelo siempre hay una cantidad estable que generalmente suele oscilar del 1 al 2%.

El mineral es el que utilizan los frutales para su crecimiento y producción. El que encontramos en el suelo procede de la mineralización de la materia orgánica y de restos de fertilizantes nitrogenados aportados con anterioridad.

Figura 1. Control del N en el suelo.

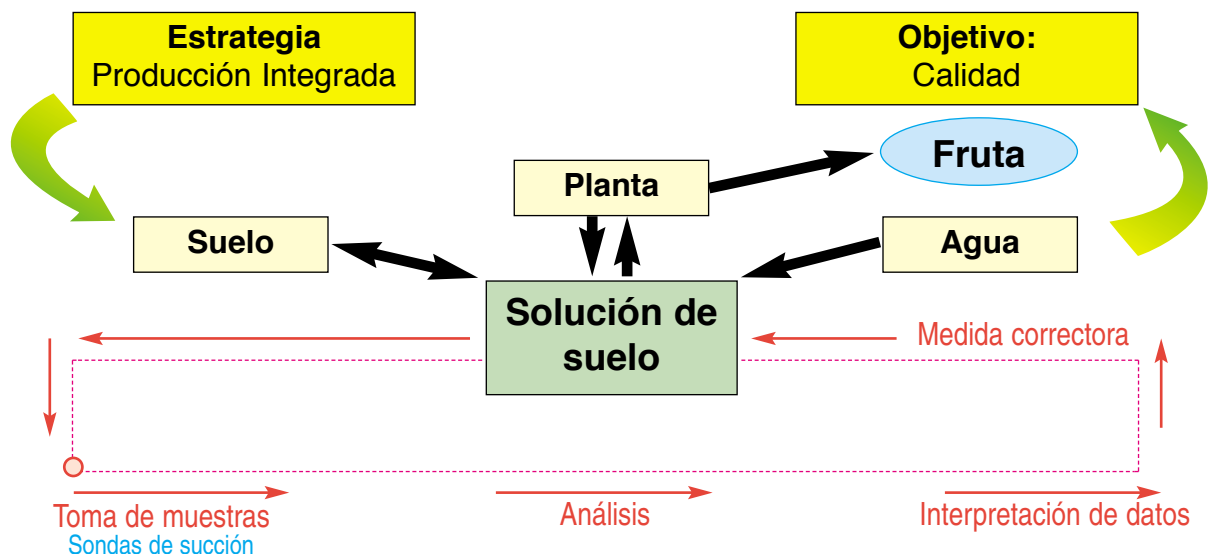


4. La determinación del contenido de nitrógeno mineral en el suelo

La determinación del nitrógeno mineral en el suelo, nos permite conocer la cantidad de nitrógeno (amoniacal y nítrico) a disposición de la planta en el momento que se realiza el muestreo. Por ello, este tipo de análisis es conveniente realizarlo al inicio del movimiento vegetativo (antes de aportar abono) y al final de campaña. Las muestras se tomarán a la profundidad de suelo que exploren la mayoría de raíces (0-45, 0-90, 0-136 cm.).

La determinación de nitrógeno mineral permite planificar la fertilización con mayor precisión. En suelos muy ricos en este tipo de nitrógeno se pueden ahorrar cantidades importantes de fertilizantes.

Figura 2. Evaluación de la dinámica de iones en el perfil del suelo (análisis de la solución de suelo extraída con sondas de succión).



Cuadro 1. Evolución del nitrato (NO₃) en diferentes profundidades del suelo de una plantación adulta de manzanos “Golden Delicious”, según dosis aportada de nitrógeno al segundo año del ensayo (Aplicaciones: 50% prefloración y 50% mitad junio).

Dosis de fertilizante aportada		Toma de muestras		
		Profundidad del suelo (cm)	Época muestreo y N/ha	
N/árbol (gr)	N/ha (kg)			Abril (kg N/ha)
22,5	28	0-45	12,9	35,1
90	112	0-45	12,9	46,8
180	225	0-45	36,9	131,6 (exceso)
225	281	0-45	46,8	304,2
Media			27,3	129,4
22,5	28	46-90	31,0	23,4
90	112	46-90	29,3	46,8
180	225	46-90	101,2	79,0 (exceso)
225	281	46-90	171,4	555,8
Media			83,2	176,2
22,5	28	91-136	26,3	11,7
90	112	91-136	33,3	46,8
180	225	91-136	43,9	58,5 (límite)
225	281	91-136	73,1 (exceso)	87,8
Media			44,2	51,2

Nota: las muestras de suelo se toman previas al abonado con Urea-46.

El nivel máximo de nitrógeno en un suelo franco, en cada uno de los tramos de 45 cm. del perfil explorado por las raíces, no deberían pasar de 58,5 kilos por hectárea.

En suelos francos, con cultivo de manzanos (Cuadro 1) y aplicando una fertilización anual de 112 kg/ha. de nitrógeno, las cantidades de nitrato (NO₃) en las profundidades de suelo: 0-45 y 46-90 cm., están por debajo del límite establecido (58,5 kg N/ha). La dosis de fertilizante de 225 kg. de N/ha, sobrepasa el citado límite.

5. Coeficiente de utilización del nitrógeno

El nitrógeno mineral que medimos en un suelo procedente del propio suelo o de los fertilizantes, no es aprovechado en su totalidad por el cultivo.

Se producen pérdidas por:

- arrastre por agua de lluvias o riegos.
- emisión en forma gaseosa a la atmósfera.
- lixiviados que llevan el nitrógeno a horizontes no explorados por las raíces.
- parte es consumido por los microorganismos del suelo.
- la hierba de cobertura también consume (primeros años).

Este parámetro es muy variable y depende de la climatología (humedad del suelo, temperatura) y del tipo de suelo. En el caso de los fertilizantes, el coeficiente de utilización por el cultivo depende además, del tipo de fertilizante, del momento de aplicación y del estado del cultivo.



Toma de muestras de suelo

Parámetros medios de coeficientes de aprovechamiento del nitrógeno mineral:

- Coeficiente de utilización de N mineralizado (salida invierno) = 0,80 - 0,90.
- Coeficiente de utilización de N del fertilizante (dosis óptima) = 0,55 a 0,75.

En cultivos extensivos se admite un coeficiente de utilización del nitrógeno del abono por la planta del 70 al 80%.

6. Balance de nitrógeno en el sistema suelo-planta

El balance se realiza de acuerdo con la siguiente expresión, en la que se evalúan las entradas y salidas de nitrógeno al sistema suelo-planta durante la estación vegetativa:

$$\text{ENTRADAS AL SISTEMA} = \text{SALIDAS AL SISTEMA}$$

Entradas (kg de N/ha):

- Nitrógeno mineral a salida de invierno (Nmi) en el perfil de suelo explorado por las raíces.
- Nitrógeno mineral aplicado con los fertilizantes (Nmf).
- Nitrógeno aportado por el suelo: se trata del nitrógeno procedente de la mineralización de la materia orgánica durante la fase de desarrollo del cultivo. (Se puede calcular con un testigo sin aportes de nitrógeno).
- Nitrógeno aportado por el agua de riego.

Salidas de Nitrógeno (kg de N/ha):

- Nitrógeno exportado por el cultivo:
 - Exportaciones netas (frutos).
 - Residuos del cultivo (hojas, madera de poda, radículas).
 - Inmovilización y reservas en las estructuras perennes de los árboles.
- Nitrógeno exportado por la hierba de cobertura (2-3 primeros años).
- Nitrógeno post-cosecha: en el perfil del suelo explorado por las raíces al inicio de caída de hoja.
- Nitrógeno lixiviado en invierno: nitrógeno a caída de hoja menos nitrógeno al inicio de vegetación del año siguiente.
- Nitrógeno no computado: es el nitrógeno no controlado en el balance, ya se trate de nitrógeno reorganizado en el suelo o perdido por distintos motivos.

La reorganización del nitrógeno y del fósforo mineral, así como la fijación del fósforo y potasio son imposibles de cuantificar. Ello forma parte de las incertidumbres todavía numerosas en agricultura.

7. Cálculo de necesidades de nitrógeno de la plantación

7.1. Necesidades de los árboles (exportaciones)

La cantidad de nitrógeno necesaria depende:

- De la edad del árbol.
- De su producción.
- De su vigor (suelo, variedad/patrón, riego, etc.).

Actualmente, 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 et Rogers, 1952; Butjin, 1961; Trocmé, 1962; Huguet C., 1988; Ctifl, 1989-1990).

Cuadro 2. Exportaciones medias anuales de nitrógeno por madera de poda y hojas (kg/ha).

Especie	Nitrógeno (kg/ha y año)
Manzano	46-60
Melocotonero	102-129
Peral	32-52
Ciruelo europeo	50
Albaricoquero	101

Las estructuras permanentes de los árboles, tronco, ramas y raíces, aunque en menor proporción (12-15% del total), también consumen.

Cuadro 3. Cantidad de elementos nutritivos absorbidos por los frutos (Tagliavini, 2000).

Elemento	Unidad	Cantidad absorbida por tonelada de frutos				
		Manzano	Melocotonero	Ciruelo	Cerezo	Albaricoquero
Nitrógeno (N)	kg	0,5-0,6	0,9-1	0,49	2-2,35	0,97
Fósforo (P)	kg	0,07-0,13	0,25	0,10	0,18-0,2	0,19
Potasio (K)	kg	1,4	2	1,72	1,48-1,7	2,96
Magnesio (Mg)	kg	0,05-0,07	0,1	0,07	0,10-0,16	0,08
Calcio (Ca)	kg	0,07	0,05	0,04	0,11-0,16	0,14
Hierro (Fe)	g	1,8	1,1	1	5,6-11	5,4
Manganeso (Mn)	g	0,45	0,47	0,49	0,7-0,97	0,79
Zinc (Zn)	g	0,4	1,4	1	1,8-2	2,6

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 (DR), establecida por el sistema de exportaciones.

7.2. Las necesidades de árboles jóvenes

Otro 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.

Se sabe que durante este periodo, el crecimiento del volumen de copa está bien correlacionado con el crecimiento del diámetro del tronco. 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 se han obtenido los datos que figuran en el siguiente cuadro a título de primera aproximación.

Cuadro 4. Estimación de la evolución de necesidades de nitrógeno en el proceso de formación del árbol (kg/ha).

Especie	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5 y sucesivos
Manzano	25	40	50	70	80 más 0,7 kg de N/tonelada de frutos
Melocotonero	25	40	50	70	90 más 1,3 kg de N/tonelada de frutos
Peral	25	40	50	70	80 más 0,7 kg de N/tonelada de frutos
Ciruelo	25	40	50	70	90 más 0,9 kg de N/tonelada de frutos
Albaricoquero	25	40	50	70	90 más 1,2 kg de N/tonelada de frutos
Cerezo	25	40	50	70	90 más 1,3 kg de N/tonelada de frutos

En general, las necesidades son proporcionales al volumen del árbol, 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, el ajuste puede ser bastante bueno.

7.3. Necesidades de la hierba de cobertura del suelo

La restitución de necesidades de la hierba de cobertura del suelo sólo es útil:

- Los dos primeros años de su instalación.
- Unos 50 kg/ha-año de nitrógeno son suficientes.

A partir del segundo año se considera que la pradera retroalimenta su consumo.

8. Aportaciones de nitrógeno por el suelo y agua de riego

8.1. 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 esta 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 humedad. No obstante, es difícil predecir con una buena aproximación cuanto y cuando un suelo libera el nitrógeno mineral a partir de su materia orgánica (temperatura, humedad) y tampoco es fácil saber en que proporción y según que 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 poda, hojas) y de la textura del suelo.

Cuadro 5. Nitrógeno orgánico mineralizado en distintos tipos de suelo según su nivel de materia orgánica.

M. orgánica suelo (%)	Nitrógeno mineralizado (kg/ha-año)		
	Suelo arenoso	Suelo franco	Suelo arcilloso
0, 5	10-15	7-12	5-10
1, 0	20-30	15-25	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

Fuente: Datos tomados del Código de Buenas Prácticas Agrarias (C.A.Valenciana).

El contenido de nitrógeno de diferentes abonos orgánicos, así como sus tasas anuales de mineralización se especifican en la tabla siguiente:

Tipo	Riqueza (%S/m.s.)	% N mineraliz. 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-primav.)
Gallinaza	2-5	60-90
Lodos de depuradora	2-7	30-40
Compost de residuos sólidos urbanos	1-1, 8	15-20

*Porcentaje referido a materia húmeda.

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 y/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 imposible 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 (Nitrachek). No obstante, es necesario un ajuste previo en cada campaña y área de cultivo que nos permita transformar los valores leídos en Nitrachek en sus correspondientes de nitrógeno mineral (Nmin).

8.2. Aportaciones de nitrógeno por el agua de riego

Depende del contenido de nitrógeno del agua utilizada a lo largo del periodo de riego del cultivo. A título de ejemplo y estimando que se aplican al cultivo 7.000 m³/ha de agua con un contenido de nitrato de 12,5 mg/l., la aportación de nitrógeno al suelo sería de 20 kg/ha (el nitrato contiene un 22,6% de nitrógeno). Actualmente hay medidores portátiles relativamente económicos que permiten determinar fácilmente el contenido de nitratos en el agua de riego.

9. Aplicación del nitrógeno según el estado fenológico del cultivo

El reparto de la dosis de nitrógeno en el tiempo es también muy importante, ya que determina su eficacia.

El consumo de nitrógeno por el árbol varía a lo largo del periodo vegetativo 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 marchitez), a la fotosíntesis y la respiración, y a la presencia de reservas de glúcidos en las raíces, por citar los factores más importantes.
- Del crecimiento de brotes y frutos en función del clima (iluminación, duración del día, temperaturas).

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).

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

La reconstitución 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 continúa absorbiéndose se acumula en el árbol bajo forma de reservas. Las reservas se constituyen en todas las partes del árbol, pero mayoritariamente en las raíces, ya sea por absorción directa o indirectamente a la caída de las hojas, gracias al retorno en el árbol del 40-60% del nitrógeno orgánico contenido en ellas.

Es importante asegurar una buena alimentación nitrogenada del árbol en esta fase (post-recolección-inicio caída 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 (máximo: 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 disponibilidades 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 hoja.
- Las 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.

10. Cómo fertilizar

Ahora que se conocen mejor las cantidades y el calendario de necesidades, hace falta saber en qué lugar conviene aplicar, bajo qué forma y con qué formulación.

Muchos estudios han concluido que las raíces están muy concentradas en un radio corto alrededor del tronco de árbol (80-150 cm.). Estos hechos permiten pensar en la posibilidad de localizar los abonos sobre la banda mantenida sin hierba bajo la copa de los árboles.

En plantaciones jóvenes, la hierba de cobertura tiene necesidades importantes, mientras que los árboles necesitan menos. La localización de distintas dosis de abonos en bandas específicas es entonces muy eficaz. En caso de riegos localizados, es posible inyectar periódicamente los abonos a través del agua de riego, lo que permite posicionarlos mejor.

Los abonos nitrogenados pueden aportarse bajo forma:

- Nítrica.
- Amoniacal.
- Ureica.
- Combinación de: amoniacal, nítrica o ureica.
- Formas compuestas con: fósforo, calcio, potasio, magnesio, etc.
- Orgánica.

La formulación del aporte debe estar en función del material de distribución, tipo de riego y del clima. La forma y la formulación del abono nitrogenado tiene una importancia secundaria respecto a la dosis y la fecha de aplicación.

Precauciones elementales de utilización de fertilizantes nitrogenados

- Los fertilizantes amoniacales o ureicos deben ser ligeramente enterrados para:
 - No perder una parte de su nitrógeno por volatilización.
 - Poder ser nitrificados.

- La utilización continuada de fertilizantes amoniacales provoca a largo plazo una acidificación del suelo.
- En periodo lluvioso, los fertilizantes amoniacales son preferibles a los nítricos o ureicos fácilmente lixiviados.
- El aporte de fertilizantes nitrogenados en suelos saturados (encharcados), y más concretamente de tipo nítrico, puede entrañar una pérdida de nitrógeno por desnitrificación y la posibilidad de lixiviación en caso de lluvias.
- Para limitar las pérdidas y contaminación es razonable no pasar de 30-50 kg de nitrógeno por aportación, según tipo de suelo (filtrantes o no).
- Los abonos solubles se utilizan cada vez más con el agua de riego. Su distribución con el agua de riego localizado permite:

Fraccionar los aportes a voluntad.

Posicionar el abono en la zona de suelo explorada por las raíces.

Ciertas formulaciones comerciales de síntesis orgánica (urea-formol, diurea, etc.), así como los de liberación lenta y los inhibidores de la nitrificación (triclorometil-pyridina, dicyandiamida, thiourea, sulfotiazol), tienen por objetivo y ventaja limitar el número de aportes, procurando una puesta a disposición más o menos lenta del nitrógeno amoniacal o nítrico a partir de una sola aplicación precoz. Recordar que estos abonos liberan el nitrógeno en función de las condiciones de humedad y temperatura del suelo. Estas condiciones varían de un año a otro, y por lo tanto no se puede conocer a priori, de forma exacta, la cinética de puesta a disposición del nitrógeno a la planta.

Como **resumen** se puede concluir:

- La localización de los fertilizantes en la banda de suelo desnudo sombreada por las copas debería ser la regla.
- Durante los 2-3 primeros años de instalación de la cubierta vegetal es necesario aplicar una fertilización suplementaria.
- Para evitar pérdidas de nitrógeno por volatilización, los fertilizantes amoniacales, en caso de no ser posicionados por el riego o la lluvia, hace falta enterrarlos.
- Los fertilizantes nítricos no se deben aplicar en suelos saturados (encharcados) o durante un largo periodo lluvioso.
- Los fertilizantes orgánicos se utilizarán partiendo de la experiencia que el fruticultor pueda tener en su suelo y clima.

11. Vigilancia del estado nutricional de los árboles

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

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

Análisis de suelo

Se realizará por un laboratorio especializado sobre una muestra representativa de la parcela. Es necesario renovar esta operación como mínimo cada 5 años. Los componentes a determinar serán: capacidad de cambio catiónico (CCC), pH, calcio, magnesio, potasio, fósforo, materia orgánica y conductividad.

Determinación del nitrógeno mineral del suelo

El contenido del nitrógeno mineral en el suelo, es una guía importante para conocer su evolución, modular las aportaciones inicial y final, y evitar pérdidas que pueden ser la causa de contaminación (cuadro 6).

Cuadro 6. Estimación de aportaciones de nitrógeno al cultivo (en prefloración y mes de septiembre) según los niveles de nitrógeno mineral en los 60 centímetros de profundidad del perfil de suelo explorado por las raíces.

Período crítico	Contenido de N mineral en el suelo (textura franca)		Aportación de nitrógeno al cultivo (kg N/ha)	Momento de aplicación
	Fecha toma de muestra	N mineral (kg/ha)		
Floración	Febrero	< 60	30-50	20 días antes de floración.
		60 - 80	0-30	
		> 80	0 (cero)	
Parada vegetativa-maduración	Fin agosto - inicio septiembre	< 60	20-30	Finales de agosto hasta mitad septiembre.
		60 - 80	0-20	
		> 80	0 (cero)	

Aunque lo ideal sería la determinación del nitrógeno mineral del suelo en el inicio de cada uno de los periodos críticos. En general, y salvo algunas explotaciones con problemas de salinidad que disponen de baterías de sondas de succión a distintas profundidades para evaluar la evolución de elementos nutritivos en la solución del suelo en periodos cortos de tiempo (quincenal, mensual), es muy difícil conseguir que una mínima parte de explotaciones, fundamentalmente por su coste, realicen las determinaciones inicial y final de campaña del nitrógeno mineral del suelo y así poder evaluar las pérdidas. La mayoría recurre al análisis mineral de hojas para realizar los ajustes de abonado.

Análisis de material vegetal (hojas).

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

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

Cuadro 7. Épocas de muestreo de hojas en frutales (Soing P., et al. 1999)

Especie	Época de muestreo
Albaricoquero, melocotonero	A 105 días del estado F2 (F2=50% flores abiertas)
Cerezo	En recolección o 45 días después de F2
Ciruelo	Unos 70 días después de F2
Manzano y peral	Unos 75 días después de F2

Cuadro 8. Niveles críticos de elementos minerales en hoja de árboles frutales caducifolios (Sparcks B., FRUIT GROWER -Abril 2001)

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

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

*Adaptado de Huguet C., Cifil-1990.

Corrección del abonado mediante los resultados del análisis foliar

En función de los resultados de los análisis de muestras de hojas, y para aplicar las oportunas correcciones sobre las cantidades de cada elemento mineral aportado el año anterior, se puede utilizar por su sencillez y eficacia, el método de la Desviación del Mínimo Porcentual (Sanz M., 2000).

El Laboratorio Agroambiental del Departamento de Agricultura del Gobierno de Aragón, realiza además del análisis de hojas, la interpretación de resultados y recomendación de abonado en base a este tipo de ajuste.

En el caso concreto de un ensayo plurianual de abonado en una plantación de árboles adultos de manzano "Golden Delicious" (ver cuadro 9), los resultados de aplicación de distintas dosis de nitrógeno, al segundo año del ensayo, indican que para optimizar una cosecha de calidad (producción, calibre, etc.), existe una horquilla de aportación de fertilizante nitrogenado que se sitúa entre 112 y 225 kilos de nitrógeno por hectárea y año.

Cuadro 9. Efectos de la dosis de nitrógeno aplicado durante dos años consecutivos, sobre el crecimiento del árbol, cosecha y peso medio del fruto de Golden D. (2001)

Dosis de N (kg/ha)	Secc.Tronco (cm ²)		N. en hoja (% s/ms)		Cosecha (kg/árbol)		Peso medio fruto (gr)	Cosecha (kg/ha)
28	49,0	b	1,86	d	26,4	c	187	33.000
112	54,0	b	2,03	c	32,9	b	195	41.188
225	54,5	ab	2,21	b	36,5	b	195	45.625
281	58,5	a	2,36	a	46,1	a	188	57.625

Cifras en columna con distinta letra son significativamente diferentes para $P < 0,05$.

El nivel de nitrógeno en hoja 2,03 y 2,21% de la materia seca, está bien correlacionado con las dosis aportadas al cultivo, lo que demuestra que el análisis de hojas con sus limitaciones (corrección tardía del abonado), es un buen instrumento para pilotar la fertilización de frutales.

Ejemplo práctico de fertilización

Vamos a calcular las necesidades de nitrógeno por hectárea, para una plantación de manzanos de 8 años de edad, con una producción estimada de 60 tm/ha.

El suelo es de textura “franco-limosa” con un 1,5% de materia orgánica.

El consumo aproximado de agua de riego se calcula en unos 6.500 m³/ha, con un contenido de nitrógeno de 10 mg/l.

La cubierta vegetal en el centro de las calles se estableció hace 4 años.

Cálculos:

Exportaciones de Nitrógeno (salidas):

Madera, hojas, órganos reserva (cuadro 4)	80,00 kg/ha N
Frutos (cuadro 3) (0,6 x 60 t)	36,00 kg/ha N
Cubierta vegetal (4º año)	0,00 kg/ha N
<i>Suma (A)</i>	<u>116,00 kg/ha N</u>

Aportaciones de Nitrógeno (entradas):

Agua de riego	14,67 kg/ha N
Suelo (cuadro 5)	29,50 kg/ha N
<i>Suma (B)</i>	<u>44,17 kg/ha N</u>
<i>Diferencia (A-B)</i>	<u>71,83 kg/ha N</u>

Resultado:

Aportación con fertilizantes (A-B) 71,80 kg/ha N

Como **resumen** se puede concluir:

El análisis del suelo permite conocer el estado de los elementos minerales en el suelo (despensa o almacén), y el análisis de hojas revela la forma que el árbol los utiliza en función de las condiciones de cultivo.

- El conocimiento de ambos, permitirá:

Ajustar la fertilización.

Prevenir situaciones de fuertes desequilibrios.

Conservar el árbol con un elevado potencial de producción de calidad durante su vida útil.

Reducir los problemas de contaminación por nitratos.

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

Bibliografía:

- Alberty C. (1995). Valorisation des déchets verts: Compostage et création d'une plateforme. PHM-Revue horticole n° 356. p. 51-56.
- Decous S., Robin D., Darwis D., y Mary B. (1995). Soil inorganic N availability: effect on maize residue decomposition. *Soil Biology and Biochemistry* 27 (12), pp. 1529-1538.
- De Jong T. M. (1998). Using organ growth potentials to identify physiological and horticultural limitations to yield. *Acta Hort.*, 465:293-302.
- Huguet C. (1983). Relation entre la nutrition de l'arbre et las maladies physiologiques de conservation des fruits. *FRUITS*, 11 (38), p. 781-788.
- Huguet C. (1988). Fertilisation: Evolution des conaisences. *L'Arboriculture Fruitiere* n° 406, Mayo, p. 14-16.
- Mandrin J. F., Soing P. (1992). Nutrition du pêcher, incidence de l'équilibre alimentaire sur la qualité. *Infos Ctifl* n° 81, 1992.
- Regehr D. L. (1993). Integrated weed management in agronomic crops. In: Thomas J. M. éd. *Proceedings 4th IFOAM Conference on No-chemical Weed Control*, Dijon, 17-22.
- Righetti T. L., Tilder K. L. (1988). Interpreting cherry leaf analyses. *Washintong State University*, p. 120-144.
- Robin D. (1997). Intérêt de la caractérisation biochimique pour l'évaluation de la proportion de matière organique stable après décomposition dans le sol et la classification des products organòminéraux. *INIST-CNAS*.
- Rosecrance R. C., Jonson R. S., Weinbaun S. A. (1998). Foliar uptake of urea-N by nectarine leaves. A reassessment. *Hort. Science*, 33 (1), pp. 158.
- Scudellari D., Torelli M., Marangoni B., Tagliavini M. (1999). La diagnostica fogliare nutrient levels in their trees. *Fruit Grower*, Abril-2001.
- Verdonck O. (1998). Compost specifications. *Acta Hort.* 469, 169-177.



Cantidad y calidad de cosecha.



Información elaborada por:

José Luis Espada Carbó

Centro de Técnicas Agrarias.

Se autoriza la reproducción íntegra de esta publicación, mencionando su origen:
Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura de la D.G.A.

Para más información, puede consultar al CENTRO DE TECNICAS AGRARIAS:
Apartado de Correos 727 • 50080 Zaragoza • Teléfono 976 71 63 37 - 976 71 63 06

Correo electrónico: cta.sia@aragob.es



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Orientación
y de Garantía Agrícola

■ **Edita:** Diputación General de Aragón. Dirección General de Tecnología Agraria.
Servicio de Formación y Extensión Agraria. ■ **Composición:** Centro de Técnicas Agrarias.
■ **Imprime:** Talleres Editoriales COMETA, S.A. ■ **Depósito Legal:** Z-3094/96. ■ **I.S.S.N.:** 1137/1730.



Departamento de Agricultura