

Tabaco AMBIENTE

GRUPO OPERATIVO REGIONAL

Implementación de los parámetros medioambientales
para mejorar la sostenibilidad de las tierras del tabaco

BALANCE DE NITRÓGENO POST-COSECHA



Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales

JUNTA DE EXTREMADURA

Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural,
Población y Territorio



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN

MANEJO DE LA NUTRICIÓN VEGETAL

1. Introducción

El nitrógeno es un elemento clave para la agricultura, siendo esencial para el crecimiento de la planta y para obtener rendimientos competitivos. Sin embargo, un exceso de nitrógeno puede fácilmente causar efectos negativos, como por ejemplo, mayor vulnerabilidad a plagas y enfermedades, mayores costes productivos e impactos medioambientales.

Según el Eurostat, la agricultura es la fuente que más contribuye a la polución por nitratos en los recursos de agua dulce en Europa. Esto se debe principalmente a un desequilibrio entre las necesidades de los cultivos y la cantidad de abonos orgánicos y fertilizantes minerales inorgánicos aplicados.

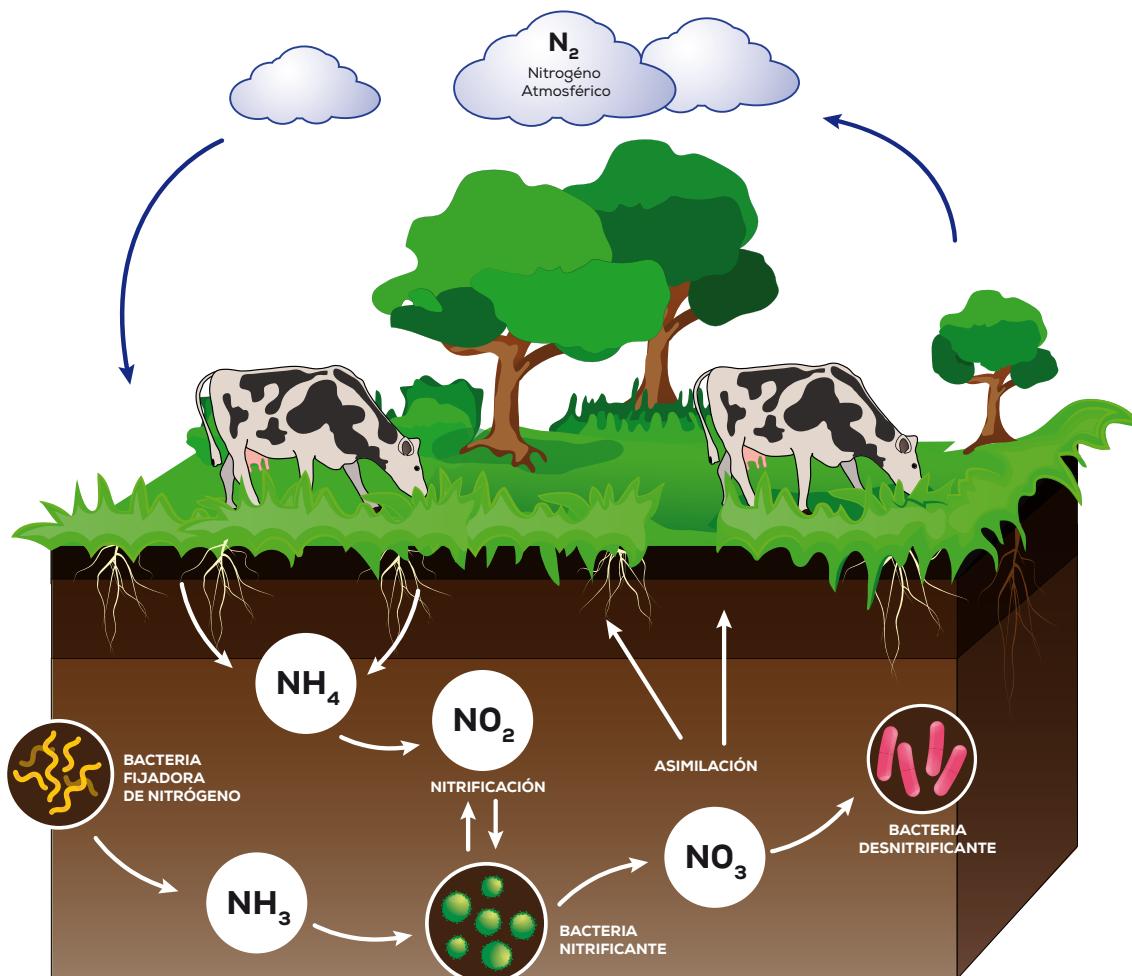
Optimizar los aportes de nitrógeno significa asegurar que el cultivo recibe suficiente nitrógeno sin llegar a causar efectos negativos. Esto es una prioridad desde tanto el punto de vista agronómico como ambiental, y es el objetivo principal que discute este documento.



2. El ciclo del nitrógeno

Las necesidades de nitrógeno dependen del tipo de cultivo, el rendimiento esperado y de las prácticas agronómicas empleadas. No obstante, su dinámica está muy influenciada por los complejos procesos biológicos y climáticos que se dan en cada explotación.

El ciclo del nitrógeno incluye todos los procesos en los que el nitrógeno interactúa con el agroecosistema: atmósfera, suelo, planta y biota, pero la disponibilidad real del nitrógeno para las plantas es prácticamente impredecible debido a la gran cantidad de variables relacionadas. A pesar de ello, el ciclo, sus rutas y las entradas y salidas de nitrógeno son bien conocidas, y son el fundamento de las técnicas modernas de manejo de la nutrición vegetal.



3. Entradas de nitrógeno al nivel de explotación

- **Fertilizantes minerales inorgánicos:** También conocidos como fertilizantes comerciales. Las fórmulas minerales que contienen son fácil y rápidamente absorbidas por las plantas. Estas manufacturas tienen la ventaja de ser productos estables, manejables, fáciles de almacenar en poco espacio y presentan un muy amplio rango de formulaciones de nutrientes.
- **Fertilizantes orgánicos:** Entre ellos encontramos el estiércol, restos orgánicos de procesos agroindustriales, digestato y otros materiales similares. Son fuentes de nitrógeno de contenido muy variable, dependiendo del tipo de material , su procesado y madurez, la tasa y método de aplicación, etc. Son químicamente más complejos, y el nitrógeno se libera más lentamente que en los fertilizantes minerales.
- **Cubiertas vegetales:** Las plantas contienen el nitrógeno que han absorbido durante su ciclo de vida. En algunos casos las plantas, especialmente las leguminosas, tienen la habilidad de incorporar el nitrógeno atmosférico, logrando alcanzar un elevado contenido en nitrógeno (50 - 150 kg/ha). En agricultura, las cubiertas vegetales se emplean para propósitos muy diversos, tales como el control de hierbas adventicias, la mejora las condiciones para el control biológico de plagas, favorecer la retención nutrimental, frenar la erosión o aumentar el contenido de nitrógeno del suelo. El nitrógeno procedente de las cubiertas vegetales no está inmediatamente disponible, puesto que sus formas orgánicas son químicamente complejas y estables, por lo que los restos de las cubiertas deben descomponerse y humificarse para que el nitrógeno se transforme a otros compuestos asimilables por el cultivo.
- **Restos de cosechas anteriores:** De manera similar a las cubiertas vegetales, los restos de cosecha contienen cantidades significativas de nitrógeno. Incorporar los restos de la cosecha en el campo, o partes de la planta sin aprovechamiento comercial tras troceárlas puede suponer una importante fuente de nitrógeno.
- **Deposición atmosférica:** El aire se compone en cerca de un 80% de nitrógeno. Pequeñas cantidades de nitrógeno, estimadas de entre 5 a 10 kg/ha/año se depositan en el suelo.
- **Materia orgánica del suelo:** La materia orgánica del suelo es una de las principales fuentes de nitrógeno. Como resultado de procesos a largo plazo, bajo las condiciones apropiadas, la biota del suelo descompone las materias orgánicas y las convierte en un compuesto estable llamado humus. El humus, además de una fuente de nitrógeno, ayuda a largo plazo a retener el agua, otros nutrientes, a mejorar la estructura y oxigenación del suelo, amortiguar los cambios de temperatura y a prevenir enfermedades causadas por patógenos del suelo.

4. Salidas de nitrógeno a nivel de explotación

- **Incorporación de nitrógeno del cultivo (Extracciones del cultivo):** Supone la mayoría de las salidas de nitrógeno. Se entiende como la cantidad total de nitrógeno presente en la parte cosechada de las plantas y en los restos de cosecha (paja de cereales, hojas, tallos, raíces, etc.). Aunque estos residuos se incorporan normalmente al suelo tras la cosecha, también se consideran eliminados del sistema. Esto se debe a que la forma en la que se halla el nitrógeno en los tejidos vegetales es muy estable químicamente, y se liberará muy lentamente a lo largo de los siguientes meses, por lo que no habrá apenas riesgo de lixiviación.

La demanda de nitrógeno del cultivo varía considerablemente entre cada parcela, cada año. Se debe trabajar siempre con valores medios en los cálculos.

- **Lixiviación:** Es un proceso físico en el cual el nitrógeno (en forma de nitratos) se escapa de la zona radicular lavado por el agua y es más probable que el nitrógeno alcance y contamine las aguas subterráneas o superficiales.. Esto ocurre tanto por exceso de agua o por excesiva aplicación de nitratos u otra gestión incorrecta de los nutrientes. Los suelos de textura gruesa son más propensos a sufrir lixiviación que aquellos con textura más fina.
- **Volatilización del nitrógeno:** Es la pérdida de nitrógeno a la atmósfera. Normalmente, el nitrógeno se volatiliza en forma de amoniaco procedente de estiércol, fertilizantes a base de urea, o de la transformación química del nitrógeno. Las tasas de volatilización varían notablemente dependiendo de muchos parámetros (pH, humedad, temperatura, residuos de cosecha, etc.)
- **Erosión del suelo:** En tanto que los suelos agrícolas contienen nutrientes, su erosión significa una pérdida de nitrógeno.

Si algunas entradas de nitrógeno ya son complicadas de calcular, es mayor reto aún para las pérdidas. Con motivo de simplificar, en este documento solo se enumeran las principales pérdidas.

5. Balance nutricional

Un balance nutricional es un cálculo en el cual toda las entradas y salidas de un nutriente, en este caso el nitrógeno, en un agroecosistema se comparan. Realizar este balance permite a los productores evaluar si las cantidades de nitrógeno aportadas al cultivo han sido eficientemente utilizadas por las plantas sin dejar restos que puedan contaminar el medio ambiente.

La aplicación de nitrógeno debe ser cuidadosamente considerada antes de cada campaña. Para ello, es esencial conocer las extracciones de nitrógeno del cultivo, el contenido de nitrógeno en los suelos así como cualquiera de las demás entradas antes descritas.

Cuando esta información se usa en un balance, junto a una previsión realista del rendimiento esperado y un margen de seguridad, los agricultores pueden conocer la cantidad de nitrógeno que necesitan para sus próximos cultivos. Con ello, a continuación, se podrá decidir cuál será el mejor formato y tipo de aporte de nitrógeno, momento de aplicación, etc. Este ejercicio es conocido como Plan de Fertilización, y es absolutamente necesario para evitar aplicaciones excesivas, y es muy recomendable para mejorar las previsiones previas a la campaña.

El balance de nitrógeno post-cosecha es un cálculo muy similar. La diferencia consiste en que al acabar la temporada, el agricultor conoce con exactitud el rendimiento, la cantidad de fertilizante gastada o incluso a veces la cantidad de nitrógeno incorporada por el cultivo (extracciones). Este cálculo también ayuda a calibrar los cálculos pre-cosecha y para estimar las fugas de nitrógeno al medio ambiente.

Para el propósito de este documento, y para simplificar los cálculos del balance de nitrógeno, no incluiremos todas las entradas y salidas posibles en la ecuación empleada. La siguiente tabla muestra todas las entradas y salidas de nitrógeno a considerar para un cálculo más avanzado.

PARÁMETROS CONSIDERADOS PARA EL CÁLCULO DEL BALANCE DE NITRÓGENO

ENTRADAS DE NITRÓGENO	SALIDAS DE NITRÓGENO
Fertilizantes Orgánicos	Incorporación de nitrógeno por parte de las plantas cultivadas
Fertilizantes Minerales Inorgánicos	Volatilización de nitrógeno
Restos de Cultivo	Disolución en escorrentía de aguas superficiales
Materia Orgánica en el suelo (Análisis de suelo)	Disolución en lixiviados
Agua de riego, NO_3^- -N (Análisis de agua)	Disolución en flujo de agua subsuperficial
Cubiertas vegetales	Pérdida en sedimentos arrastrados por el agua (Erosión hídrica)
Deposición Atmosférica	Viento (Erosion eólica)

● Parámetros considerados en el cálculo simplificado

○ Parámetros considerados en el cálculo avanzado

■ Parámetros no considerados

I. ¿Por qué se han excluido algunos parámetros?

En el caso de:

- **Deposición atmosférica:** Se estima alrededor de 5 a 10 kg/ha/año. Se considera contrarrestado por la volatilización de nitrógeno.
- **Volatilización de nitrógeno:** Su valor estimado ronda entre 3 a 19 kg/ha/año. varía notablemente según las condiciones específicas y la ubicación de la explotación. Se considera que la deposición atmosférica lo contrarresta.
- **Disolución en escorrentía de aguas superficiales:** Si la parcela es plana o prácticamente plana, las pérdidas de nitrógeno por escorrentía superficial no son significativas.

- **Disolución en lixiviados:** Si la irrigación se aplica correctamente y ha sido correctamente calculada, las pérdidas de nitrógeno por lixiviación no se consideran significativas.
- **Disolución en flujo de agua subsuperficial:** Si la parcela es plana o prácticamente plana, las pérdidas de nitrógeno por flujo lateral subsuperficial no son significativas.
- **Pérdida en sedimentos arrastrados por el agua:** Si la parcela es plana o prácticamente plana, las pérdidas de nitrógeno por erosión hídrica no son significativas.
- **Pérdida en sedimentos arrastrados por el viento:** Con un valor estimado de entre 0 a 5 kg/ha/año, aún teniendo en cuenta que varía notablemente según las condiciones específicas y la ubicación de la granja, las pérdidas de nitrógeno por erosión eólica no se consideran significativas.

II. ¿Cómo calcular un balance de nitrógeno post-cosecha?

Esta propuesta metodológica se plantea teniendo en cuenta que la explotación cuenta con análisis completo de suelo en los últimos 3 años, y análisis básico anual que permita conocer el contenido inicial de Nitrógeno por hectárea. Teniendo en cuenta esta disponibilidad de información se plantea la siguiente fórmula:

$$(N_{o,f} / 2 + N_{i,f} + N_0 + N_{irr}) - (N_{rem}) < 80 \text{ kg N/ha}$$

N_{o,f}: N aplicado con fertilizante orgánico (kg/ha)

N_{i,f}: N aplicado con fertilizante mineral (kg/ha)

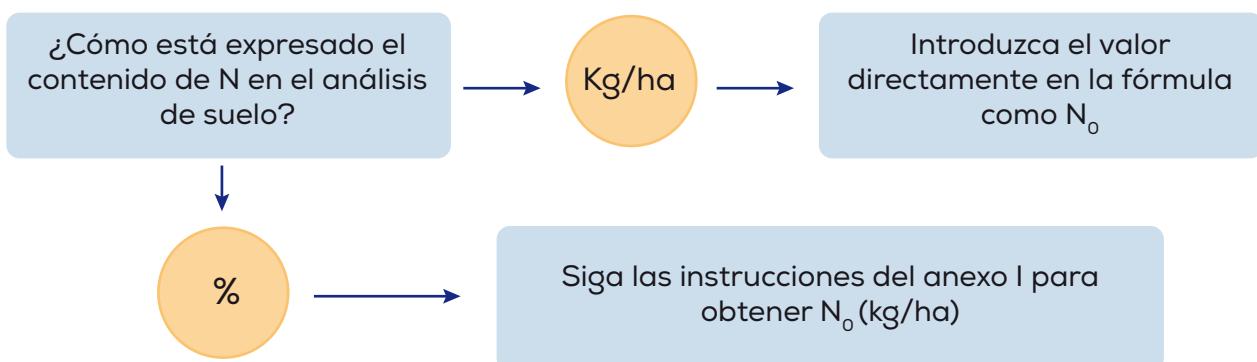
N₀: N en la situación inicial (Kg/ha)

N_{irr}: N aplicado en el agua de riego (kg/ha)

N_{rem}: Extracción de N del cultivo (eliminado al cosechar) (kg/ha)

III. ¿Cómo usar la ecuación de cálculo?

Paso 1



Paso 2

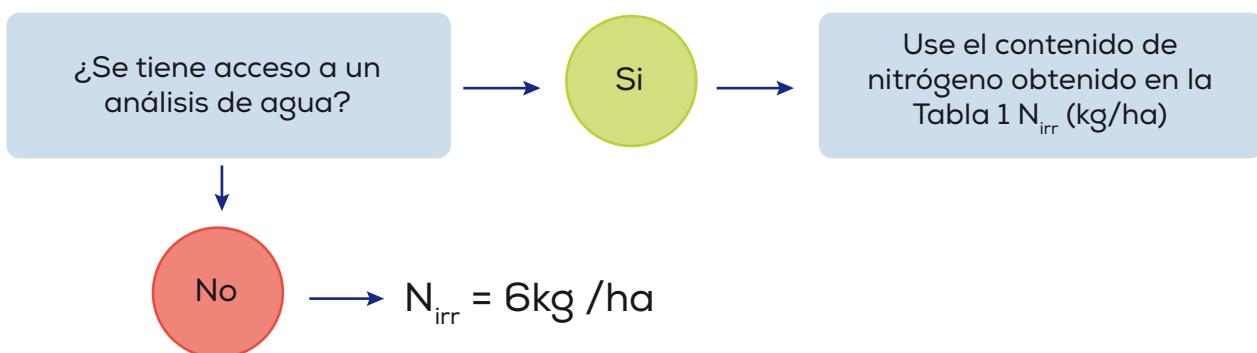


Tabla 1. Contenido de N en el agua de riego, N_{irr} (kg/ha)

Volumen de agua irrigada (m ³ /ha/año)	Concentración de nitratos en el agua, NO ₃ (mg/l)					
	0<X<10	10<X<20	20<X<30	30<X<40	40<X<50	X>50
1000-2000	2	5	8	12	15	17
2000-3000	3	8	14	20	25	28
3000-4000	4	12	20	28	36	40
4000-5000	5	15	25	36	46	51
5000-6000	6	19	31	44	56	62
6000-7000	7	22	37	51	66	73

Tabla 2. Extracciones de N del cultivo del tabaco, N_{rem} (kg/ha)

Nutriente	2240 kg/ha	3500 kg/ha	4000 kg/ha
Nitrógeno	78,5	122,46	140,18

IV. ¿Cómo interpretar los resultados?

X > 80 kg N/ha: La probabilidad de pérdidas potenciales de nitrógeno es elevada. Se aporta más nitrógeno del que se retira al término de la cosecha. El nitrógeno residual disponible no debe exceder 50 kg/ha para hortalizas.

80 kg N/ha > X > 0 kg N/ha: La probabilidad de pérdidas de nitrógeno al medio es baja. Se retira menos nitrógeno del aportado, pero aún así los valores son aceptables. Cuanto más se acerque este valor a 0, mejor.

X < 0 kg N/ha: Se retira más nitrógeno que el aportado. Esta situación puede conducir al agotamiento del nitrógeno del suelo. El nitrógeno residual disponible no debería tener un valor negativo.

ANEXO I. CONTENIDO DE NITRÓGENO EN LOS ANÁLISIS DE SUELO. CONVERTIR DE % A KG/HA

El valor de nitrógeno total disponible indicado en un análisis de suelo puede estar expresado en kg/ha (en cuyo caso se puede introducir directamente en la fórmula) o en % (porcentaje de N por cantidad de suelo, típicamente obtenido mediante el método de Kjeldahl), según cada empresa o institución. Este nitrógeno restante corresponde a las porciones contenidas en el humus en forma de materia orgánica estable, mineralizado de residuos de cosecha anteriores y derivado de los compuestos de las aplicaciones de fertilizante orgánico.

En caso que los resultados estén expresados en %, se puede seguir la siguiente metodología para obtener N₀ (kg/ha).

Paso 1:

Multiplique el nitrógeno total disponible en el suelo por el coeficiente de conversión de la Tabla A. Con ello se obtiene el valor del nitrógeno disponible en ppm. El coeficiente de conversión varía según el ratio de C/N del suelo.

Tabla A. Coeficiente de conversión del nitrógeno orgánico total a ppm, según el ratio C/N

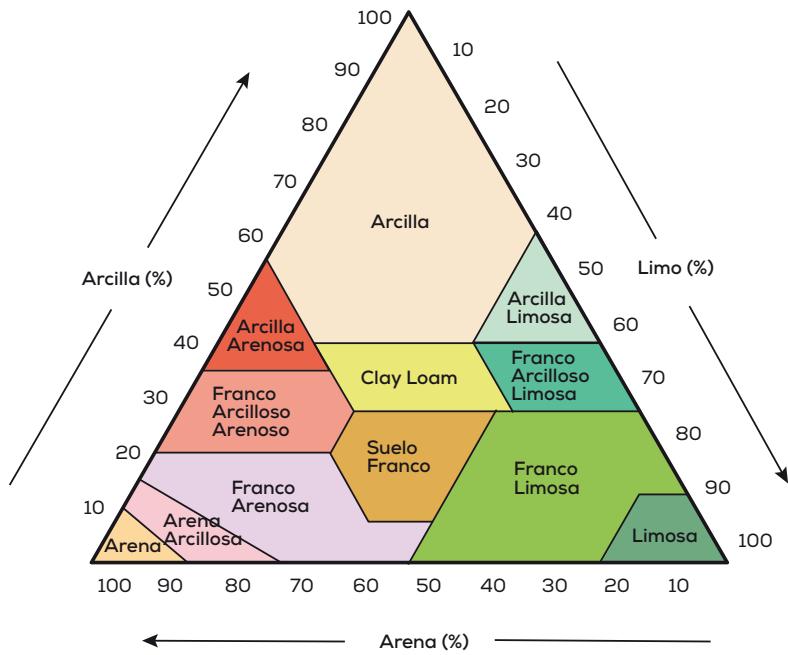
Ratio C/N	Coeficiente de conversión del nitrógeno total, de % a ppm
>12	11.2
12<=X>=10	140.0
<10	225.0

Paso 2:

Si la densidad aparente (g/cm³) se especifica en el análisis de suelo, apunte el valor y avance al paso 5, si no, proceda al Paso 3.

Paso 3:

Si la textura del suelo se especifica en el análisis de suelo (normalmente obtenida mediante densímetro de Bouyoucos), apuntela y continúe al Paso 4. Si solo se indica el porcentaje de arena, limo y arcilla, utilice el triángulo textural del suelo para determinar el tipo de suelo.



Triángulo textural del suelo

Paso 4:

Una vez conocida la textura del suelo, su densidad aparente puede ser estimada mediante la Tabla B:

Tabla B. Densidad aparente media según tipo de suelo

Textura del suelo	Densidad aparente (g/cm ³)
Arenosa	1.55
Areno Francosa	1.40
Sandy Loam	1.50
Franco Arenosa	1.40
Franco Arcilla Arenosa	1.40
Limosa	1.45
Franco Arcillo Limosa	1.45
Franco Limosa	1.40
Franco Arcilloso	1.35
Arcillo Limosa	1.30
Franco Arcillosa	1.40
Arcillo Limosa	1.20
Arcillo Arenosa	1.40
Arcillosa	1.20

* Valores estimados para suelos no compactados.

** Considerese que para obtener un valor exacto de densidad aparente se requieren análisis en laboratorio. No obstante, los valores proporcionados son valores típicos para los suelos de Europa.

Se debe rebajar el valor en 0,1 si el suelo ha sido recientemente arado, lo cual evita sobreestimar el contenido de nitrógeno del suelo.

Paso 5:

Multiplica el nitrógeno disponible total (ppm) por el coeficiente de conversión de la Tabla C para tener el nitrógeno disponible en kg/ha. El coeficiente varía según la densidad aparente del suelo.

Tabla C. Coeficientes de conversión para convertir la cantidad de N en kg/ha a partir de ppm, según la densidad aparente del suelo.

Densidad Aparente (g/cm ³)	Coeficiente de conversión de ppm a kg/ha
0.70	1.40
0.80	1.60
0.90	1.80
1.00	2.00
1.10	2.20
1.20	2.40
1.30	2.60
1.40	2.80
1.50	3.00
1.60	3.20

* Estos ratios de conversión corresponden a la estimación del contenido de nitrógeno a 20 cm de profundidad.

6. Ejemplos de cálculo

Se proponen dos casos demostrativos: En el primero (Caso 1), se conoce la textura del suelo. En el segundo, el tipo de suelo no se especifica, y debe ser determinado a partir del contenido de arcilla, arena y limo indicados en el análisis de suelo.

Caso 1:

Un análisis de suelo indica la cantidad de nitrógeno total disponible en %, en vez de en kg/ha. El tipo de suelo (según la textura) sí está especificado. Se cuenta con los siguientes datos:

- Nitrógeno total: 0.125% (Método de Kjeldahl)
- Textura: Franco arcillo arenosa (Densímetro de Bouyoucos)
- Ratio C/N : 7.47

Paso 1:

Se usa el coeficiente de conversión de la Tabla A para calcular las ppm a partir del % de N.

Ya que el ratio de C/N es menor a 10, el coeficiente es 225.0.

$$N (\text{ppm}) = 0.125 (\%) * 225.0 \text{ (coeficiente de conversión)} = 28.13 \text{ ppm N}$$

Paso 2:

La densidad aparente no se especifica en el análisis de suelo. Continue al paso 3.

Paso 3:

El tipo de suelo especificado en el análisis es franco arcillo arenoso.

Paso 4:

Usa la Tabla B para estimar la densidad aparente.

Para un suelo franco arcillo arenoso, la densidad aparente es de 1.40 g/cm³.

Paso 5:

Con el dato de la densidad aparente, se consigue el valor del coeficiente de conversión indicado en la Tabla C para transformar el valor de N en ppm a kg/ha:

Para una densidad aparente de 1.40 g/cm³, el ratio de conversión es 2.80. Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \text{Nitrógeno total disponible (kg/ha)} &= N (\text{ppm}) * \text{coeficiente de conversión} = 28.13 \\ \text{ppm N} * 2.80 &= 78.76 \text{ kg/ha N} \end{aligned}$$

***Este valor de N total disponible (kg/ha) se introducirá en el balance de nitrógeno post-cosecha como nitrógeno inicial (N_o)

Caso 2:

El análisis de suelo expresa el nitrógeno total disponible en % en vez de en kg/ha. El tipo de suelo (según la textura) no se especifica, pero se detallan los porcentajes de arena, limo y arcilla.

- Nitrógeno total: 0.163 % (Método de Kjeldahl)
- Textura:
 - Arena: 42.1 %
 - Limo: 50.1 %
 - Arcilla 7.8 %
- Ratio C/N: 9.15

Paso 1:

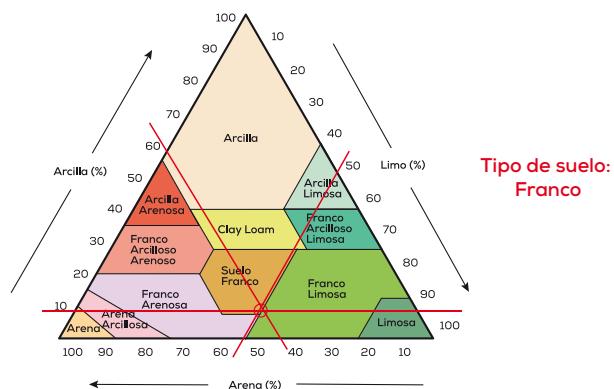
Usa el coeficiente de conversión de la Tabla A para calcular las ppm de N a partir del % de N. Dado que el ratio de C/N es menor a 10, el coeficiente de conversión es 225.0
N (ppm) = 0.163 (%) * 225.0 (coeficiente de conversión) = 36.68 ppm N

Paso 2:

La densidad aparente no se especifica el análisis de suelo. Continue al Paso 3.

Paso 3:

El tipo de suelo no se especifica. Mediante el triángulo textural del suelo, determine el tipo de suelo a partir de los porcentajes de arena, limo y arcilla. Tal y como muestra la gráfica inferior, el tipo de suelo es franco.



Paso 4:

Use la Tabla B para estimar la densidad aparente.

Para un suelo franco, la densidad aparente es de 1.40 g/cm³

Paso 5:

Con el dato de la densidad aparente, se consigue el valor del coeficiente de conversión indicado en la Tabla C para transformar el valor de N en ppm a kg/ha: Para una densidad aparente de 1.40 g/cm³, el ratio de conversión es 2.80. Por lo tanto:

$$\text{Nitrógeno total disponible (kg/ha)} = \text{N (ppm)} * \text{coeficiente de conversión} = 36.38 \\ \text{ppm N} * 2.80 = 101.86 \text{ kg/ha N}$$

***Este valor de N total disponible (kg/ha) se introducirá en el balance de nitrógeno post-cosecha como nitrógeno inicial (N_0)



Tabaco AMBIENTE

GRUPO OPERATIVO REGIONAL

Implementación de los parámetros medioambientales
para mejorar la sostenibilidad de las tierras del tabaco

BENEFICIARIOS:



Representante

CONTRATADO:



Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales

JUNTA DE EXTREMADURA

Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural,
Población y Territorio

