



El uso razonado del nitrógeno en la fertilización del almendro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Orientación
y de Garantía Agrícola



**GOBIERNO
DE ARAGON**

Departamento de Agricultura
y Alimentación

1. Introducción.

La Comisión Europea, ante el incremento de la contaminación y la eutrofización de las aguas ha establecido normas relativas a la depuración de aguas residuales y a la reducción de la contaminación por nitratos de origen agrario. Una medida contemplada en esta normativa es elaborar códigos que recojan actuaciones respetuosas con el medio ambiente. El Real Decreto 262/1996, traspone a nuestra legislación la Directiva 91/676 CE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación por nitratos de origen agrario, ya que la agricultura juega un papel importante como una de las fuentes de esta contaminación.

Los objetivos del Real Decreto son reducir y evitar la contaminación “nítrica” de las aguas, producida por el vertido de compuestos nitrogenados agrícolas que alcancen las aguas subterráneas o superficiales, pudiendo causar daños a la salud humana, los ecosistemas acuáticos y en otros usos legítimos de las aguas.

El nivel de 50 mg/l de nitratos en aguas superficiales y subterráneas marca el límite de la contaminación.

En las zonas vulnerables se establecerán programas de actuación que contemplen, entre otras medidas, la limitación de aplicación de fertilizantes al terreno, manteniendo un equilibrio entre los requerimientos del cultivo y el nitrógeno disponible en el suelo.

Los códigos de buenas prácticas agrarias, deben definir los distintos tipos de fertilizantes nitrogenados en cuanto a la forma en que presentan el nitrógeno y a su comportamiento en el suelo una vez aplicado y en la absorción y nutrición de las plantas cultivadas.

El balance de nitrógeno a nivel del suelo se hace necesario para controlar la contaminación y evaluar la efectividad de las medidas correctoras. En todo caso, deberá optimizarse la eficiencia de la utilización del nitrógeno por parte del cultivo y a la vez, minimizar las pérdidas por lavado. Las dosis de aplicación se determinarán según las necesidades del cultivo y lo suministrado por el suelo, el agua de riego y las deposiciones atmosféricas. La generalización de normas es necesaria, dada la gran diversidad de situaciones y condiciones edafológicas, climáticas y agrícolas que podemos encontrar.

La delimitación de las dosis de nitrógeno no reducirá el problema por sí sola, sino que además, deberemos tener en cuenta la gestión del suelo y el riesgo de lixiviación en cada sistema agrícola.

El nitrógeno es un elemento esencial que las plantas absorben en grandes cantidades, en particular aquellas especies capaces de producir grandes cosechas. El almendro (*Prunus amygdalus Batsch = Prunus dulcis Mill.*) es capaz de acumular grandes cantidades de nitrógeno (proteína) en los frutos, donde llega a alcanzar un 0,64 % de su peso fresco. La parte comestible del fruto (semilla) esta constituida por el 85% de proteína y lípidos, con pequeñas cantidades de azúcares y fibra. La semilla tiene un alto valor energético, del orden de 550-600 kcal por 100 gramos de materia seca. El contenido de proteína (Nx 6,25) de la semilla varía del 12 al 32% dependiendo de la variedad, condiciones climáticas, características de suelo y de las técnicas culturales aplicadas. El contenido medio para variedades españolas es del 24,75% (Saura-Calixto, 1981), mientras que las variedades italianas varían entre 17,89 al 27,70 (Godini et al., 1979) y del 12 al 22,61% (Baldo, 1987).

Las variedades francesas contienen del 23 al 31,9% (Souty et al., 1971) y las variedades californianas del 18,6 al 24% (Woodroof, 1982). Se comprueba que las variedades más ricas en proteína son más pobres en lípidos (Aï) e inversamente (Ardechoise).

Las altas producciones obtenidas en las plantaciones de almendro en regadío bien manejadas, donde aplicando las modernas técnicas de cultivo se llegan a sobrepasar los 1.500 kg de semilla por hectárea y año, da lugar a unas elevadas exportaciones de nitrógeno. El acelerado proceso de agotamiento de las reservas de nitrógeno del suelo debe agravarse con la localización preferencial de las absorciones que tiene lugar en ciertas épocas del año en el bulbo húmedo bajo los emisores cuando se utilizan sistemas de riego localizado.

En la presente información se expone una metodología sencilla para realizar un uso razonado de los fertilizantes nitrogenados para conseguir compatibilizar la máxima producción de calidad y el respeto al medio ambiente.



2. Abonar correctamente no es una tarea rutinaria.

Para establecer un plan de abonado racional y respetuoso con el medio ambiente, es necesario tener en cuenta la fertilidad del suelo, el estado nutritivo y el potencial de producción de los árboles, la disponibilidad de agua en el suelo, las necesidades de la hierba de cobertura del suelo, las aportaciones del agua de riego y, finalmente, la fertilización realizada en años anteriores y las cosechas obtenidas.

El aspecto de los árboles y su sintomatología, junto con los análisis foliares y análisis de suelo, son las herramientas con que contamos para establecer y modificar los programas de fertilización.

En determinadas áreas de cultivo (Zonas vulnerables) y sistemas de producción (Producción Integrada) se establecen normas que limitan el uso del nitrógeno, estableciendo unos niveles y épocas de aplicación que, sin impedir la obtención de buenas cosechas, reduzcan los riesgos de contaminación.

3. Exportaciones de elementos nutritivos de la parcela

3.1. Determinación de las exportaciones de nutrientes del suelo

Las exportaciones de elementos nutritivos del suelo incluyen las producidas por los árboles, las de la hierba de cobertura del suelo y las pérdidas. En fertilización razonada se procurará que las pérdidas sean mínimas para evitar la contaminación de las aguas por lixiviación o arrastre de los nitratos.

3.1.1. Las necesidades de los árboles

Las necesidades de los árboles se calculan en función de las exportaciones anuales para el crecimiento y la producción de frutos.

Las exportaciones de elementos minerales se han calculado para los distintos sistemas de producción, tanto de secano como de regadío. Las características diferenciales de los sistemas, además de la disponibilidad de agua en el suelo, son:

- el crecimiento vegetativo.
- las producciones obtenidas.

3.1.1.1 Nitrógeno utilizado en el crecimiento del árbol

La absorción y acumulación de nitrógeno en las estructuras permanentes (ramas, tronco y raíz) se calculan en función del crecimiento anual de los árboles (cuadro 1).

Cuadro 1. Acumulación anual de nitrógeno en ramas, tronco y raíz de los árboles (150-200 árboles/ha).

| Vigor de los árboles | Acumulación anual de N (kg/ha) |
|----------------------|--------------------------------|
| Bajo | 8-12 |
| Medio | 17-22 |
| Alto | 27-32 |

3.1.1.2. Exportaciones de nitrógeno por los frutos

El contenido de nitrógeno en los distintos componentes del fruto se refleja en el cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución del nitrógeno contenido en el fruto

| Componente del fruto | Nitrógeno (%) |
|----------------------|---------------|
| Mesocarpio | 35,0 |
| Endocarpio (cáscara) | 4,5 |
| Semilla (pepita) | 60,5 |

En el cuadro 3 se indican las exportaciones de nitrógeno por el fruto (mesocarpio, endocarpio, semilla) en función de la semilla (pepita) producida por hectárea para distintas variedades.

Cuadro 3. Exportaciones de nitrógeno por el fruto en función de los kilos de semilla (pepita) producida

| Variedad | Producción de pepita (kg/ha) | | | | | | |
|--------------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | 150 | 250 | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 |
| | Exportaciones de nitrógeno (kg) | | | | | | |
| Guara | 8 | 14 | 27 | 41 | 54 | 68 | 81 |
| Cambra | 9 | 14 | 29 | 43 | 57 | 72 | 86 |
| Moncayo | 12 | 20 | 39 | 59 | 78 | 98 | 117 |
| Marcona | 13 | 22 | 43 | 65 | 87 | 108 | 130 |
| Largueta | 14 | 23 | 46 | 69 | 92 | 115 | 138 |
| Media | 11 | 18 | 37 | 55 | 71 | 92 | 111 |

3.1.1.3. Exportación de nitrógeno por las hojas.

La exportación de nitrógeno por las hojas supone el 17,3% del total del nitrógeno exportado por el árbol. Para el cálculo de las exportaciones netas de las hojas se presupone que un 29% del nitrógeno exportado por las mismas retorna al suelo en forma de residuo.

Cuadro 4. Exportación anual neta de nitrógeno por las hojas (150-200 árboles/ha). Datos en kg/ha.

| Vigor de los árboles | Exportación anual de N | Residuo de N | Exportación neta de N |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------------|
| Bajo | 12-20 | 9,28 | 6,72 |
| Medio | 32-39 | 10,29 | 25,21 |
| Alto | 65-76 | 20,44 | 50,06 |

3.1.2. Exportaciones de la hierba de cobertura del suelo.

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

- los dos primeros años de su instalación.
- 50 U.F./ha de nitrógeno son suficientes.

A partir del 2º año, se considera que la pradera retroalimenta su consumo.

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

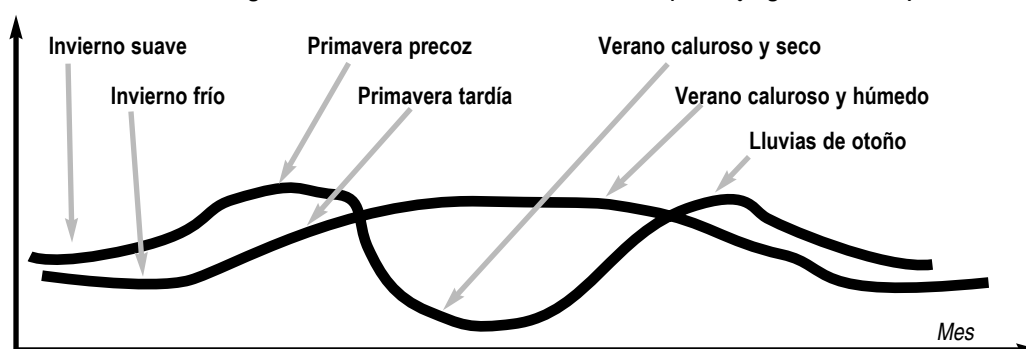
4. Aportaciones de elementos minerales por otras fuentes distintas a los fertilizantes

4.1 Estimación de aportaciones de elementos minerales por el suelo

Sólo tenemos en cuenta el nitrógeno. En cultivos herbáceos se hace extensivo al fósforo, pero en arboricultura los conocimientos no están todavía tan avanzados.

Cada suelo según su textura, estructura, topografía y su clima, nitrifica diferentemente a lo largo del año. La nitrificación aumenta cuando la temperatura se eleva y cuando la humedad es suficiente. En clima mediterráneo, el calor y la sequía estival dificultan la nitrificación. El riego en esta estación permite mantenerla a un ritmo elevado (Soltner, 1979).

Figura 1. Intensidad de la nitrificación (N-NO₃/kg tierra seca)



Fuente:
D. Soltner, 1979

Los aportes de nitrógeno por el suelo provienen de la mineralización de la materia orgánica. Esta se compone de humus, materias orgánicas libres no humificadas y de la masa microbiana viviente. Esta masa orgánica es a la vez productora y consumidora de nitrógeno mineral. Según su composición, volumen y condiciones de temperatura y humedad del suelo, puede ceder importantes cantidades de nitrógeno.

La mineralización se produce desde que la temperatura del suelo alcanza 6-7 °C y la humedad esté próxima a la capacidad de campo. Prácticamente, los periodos favorables son la primavera, el otoño y en verano los días que siguen a un riego o una lluvia (figura 1). Los suelos saturados de agua o mal aireados son por el contrario nefastos, ya que entonces se desarrolla el proceso de la desnitrificación.

En el cuadro 5 se reflejan las cantidades de nitrógeno mineralizado por hectárea y año en nuestras condiciones edafo-climáticas, según el nivel de materia orgánica del suelo y su textura.

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

| M. orgánica suelo (%) | Nitrógeno mineralizado del suelo (kg/ha-año) | | |
|--------------------------|--|--------|-----------|
| | Arenoso | Franco | Arcilloso |
| 0,5 | 10-15 | 7-12 | 5-10 |
| 1 | 20-30 | 15-25 | 10-20 |
| 1,5 | 30-40 | 22-37 | 15-30 |
| 2 | 40-0 | 30-50 | 20-40 |
| 2,5 | - | 37-62 | 25-30 |

Se puede deducir que la liberalización de nitrógeno por las materias orgánicas presentes en el suelo o aportadas es:

- muy importante y nunca desdeñable.
- depende de la acción del productor, y por ello, difícil de controlar en el tiempo.
- fuente potencial de pérdidas de nitrógeno en periodos donde las necesidades del cultivo son bajas. Añadir, que esta disponibilidad de nitrógeno mineral se puede medir en todo momento.

4.2. Aportes de nitrógeno por el agua de riego.

Con frecuencia las aguas que utilizamos para regar contienen importantes cantidades de nitrógeno. Para ilustrar su importancia se desarrolla el siguiente ejemplo: Calcular los aportes de nitrógeno al suelo por la aplicación de agua de riego con las siguientes características:

- Riego localizado en una plantación de almendros con un aporte anual de 4.000 m³/ha.
- Agua de riego con 10 mg/l de Nitrato (NO₃).

Aporte de Nitrógeno (N): $(4.000 \times 1.000 \times 10) / 1.000.000 = 40 \text{ kg de nitrato (NO}_3\text{)}$

En cada kg de nitrato hay 22,5% de Nitrógeno: $40 \times (22,5 / 100) = 9 \text{ kg de Nitrógeno (N)}$

5. Estimación de las necesidades de fertilizantes de la plantación

La cantidad total de nitrógeno (N) que cada año debemos aportar a una parcela de almendros mediante el abonado se determina: restando del total de exportaciones efectuadas por los árboles y la hierba de cobertura de la parcela, la suma de aportaciones suministradas por el suelo y el agua de riego:

| |
|--|
| Necesidades de abonado = Exportaciones – Aportaciones |
|--|

Para una mejor comprensión desarrollamos el siguiente ejemplo:

Calcular las necesidades nitrógeno de una parcela de almendros de la variedad Guara de una hectárea de superficie. Los árboles tienen vigor medio y una producción potencial de almendra en cáscara de 4.000 kg/ha con un rendimiento en pepita del 30%. La parcela se riega por goteo con un agua cuyo contenido de nitrato es de 10 mg/l y el consumo anual se estima en 4.000 m³/ha. El suelo es de textura franca, contiene 1,5 % de materia orgánica y se mantiene con hierba desde hace cinco años.

Cálculo de la fertilización de la parcela:

| Concepto | Nitrógeno (kg/ha-año) |
|---|-----------------------|
| 1. EXPORTACIONES | |
| 1.1. Exportaciones de los árboles: | |
| - Crecimiento de los árboles (cuadro 1). | 22,00 |
| - Cosecha de 4.000 x 0,30 =1.200 kg/ha de pepita (Cuadro 3) | 64,80 |
| - Exportaciones netas de las hojas (cuadro 4) | 25,21 |
| 1.2. Hierba de cobertura del suelo | 0,00 |
| Suma exportaciones | 112,01 |
| 2. APORTACIONES | |
| 2.1. Suelo (Cuadro 5) | 29,90 |
| 2.2. Agua de riego | 9,00 |
| Suma aportaciones | 38,90 |
| Necesidades de fertilizantes (1-2) | 73,11 |

La cantidad total de nitrógeno que se debe aportar a la parcela será: (N): **73,11 kg/ha y año.**

6. Estimación de las necesidades de la plantación en el tiempo

Los consumos de un almendro en producción, son variables a lo largo del periodo vegetativo. Para ajustar los aportes de fertilizante a las necesidades temporales (mensuales) del cultivo, las necesidades totales de nitrógeno (N) se distribuyen según se especifica en el cuadro 6.

Cuadro 6. Distribución porcentual de la dosis anual de nitrógeno.

| Nutriente | Fases del cultivo | | |
|---------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|
| | Brotación a floración | Floración a llenado de fruto | Llenado fruto a maduración |
| Nitrógeno (%) | 13 | 42 | 45 |

También se deben valorar las aportaciones del suelo, para minimizar las pérdidas ligadas a los excedentes no utilizables en determinados momentos por el árbol.

Los árboles tienen la facultad de constituir reservas nitrogenadas en sus órganos de estructura (ramas, tronco y raíz). Estas reservas son reutilizadas por el árbol para la formación y desarrollo de los distintos órganos vegetativos y reproductivos, desde el inicio del movimiento vegetativo (final de invierno) hasta bien entrada la primavera.

7. Métodos de control del estado nutricional del cultivo

El control del estado nutricional del cultivo se puede realizar utilizando los resultados del análisis foliar, análisis de suelo, solución del agua del suelo y la observación visual de los árboles, o bien una combinación de estas técnicas.

El análisis foliar se utiliza el análisis foliar, complementado con la observación de los árboles y comparando los resultados con los niveles que aparecen en el cuadro 7. Cuando el estado nutritivo del árbol en un determinado nutriente esté en un nivel por debajo del adecuado se aplicará un coeficiente que aumente la dosis de restitución calculada. Mientras que si las concentraciones en hoja están por encima de los valores considerados como óptimo (2,5%) se realizará una reducción de la dosis calculada.

Cuadro 7. Niveles críticos de nitrógeno (N) en hojas de almendro

| | Fuente | Niveles (% de materia seca de hoja) | | |
|---------------|------------------------|-------------------------------------|------------|---------|
| | | Óptimo | Deficiente | Crítico |
| Hojas (Julio) | Brown et al.,1953 | 2,8 | - | - |
| Hojas (Julio) | Weinbaun and Tate,1964 | 2,5 | 2,2 | - |
| Hojas (Julio) | Stevenson M.,1999 | 2,5 | 2,2 | <2,2 |

Para la toma de muestras de hojas se deben seleccionar parcelas homogéneas, y de éstas, una muestra representativa de árboles. Tomar de cada árbol de la muestra dos hojas desarrolladas y sanas de la mitad del brote del año, en cada una de las orientaciones de la copa (N, S, E, W) y a la altura del operario.

La muestra mínima por parcela homogénea se estima en 100 hojas.

Caminar por la plantación y observar los árboles como herramienta de diagnóstico.

No es posible un diagnóstico si no se recorre la plantación al menos en los momentos críticos:

- brotación
- después del cuajado.
- pre-maduración (cosecha).

Comprobar:

- tamaño y forma de hojas.
- crecimiento anual.
- distribución frutos en copa, tamaño y color.

8. Recomendaciones para corregir deficiencias o valores nutritivos bajos

La fertilización del almendro en seco se realizará a la salida del invierno, incorporando el abono con una labor. Cuando se utilicen sistemas de no laboreo o laboreo reducido, las aportaciones se harán cuando se prevean lluvias que faciliten su incorporación al suelo. En años secos la aportación foliar de nitrógeno es igualmente recomendable. Las aplicaciones foliares se deberán hacer en primavera (febrero-abril), verano (julio) y otoño (septiembre-octubre). En el cuadro 8 se reflejan las recomendaciones para la corrección de deficiencias o valores nutritivos bajos.

Cuadro 8. Corrección de valores nutritivos bajos o deficiencias

| Elemento | Recomendación |
|------------------|---|
| Boro | Pulverización foliar con borato sódico al 0,5% antes de floración. Abonado de fondo (200 g/almendro) al final de invierno, si el contenido fuese bajo. |
| Magnesio | Pulverización foliar de sulfato de magnesio al 2% adicionando un mojante. Aplicar al suelo 1-2 kg/árbol de sulfato magnésico en caso extremo. |
| Cinc y Manganeso | Pulverización foliar con óxido de cinc (sulfato de cinc produce quemaduras en hoja) y sulfato de manganeso a dosis de 0,1-0,2%. Neutralizar el caldo con carbonato cálcico si fuese necesario. |

Conclusiones

- Para realizar una correcta fertilización del almendro debemos realizar las siguientes operaciones:
 - Estimar correctamente las necesidades de la plantación (árboles y hierba)
 - Cantidad global anual.*
 - Cantidad por periodo.*
 - Tener en cuenta las reservas disponibles
 - En el suelo.*
 - En el árbol.*
 - No aportar nitrógeno fuera de la época de consumo (octubre a enero).
 - No enriquecer excesivamente el suelo en materia orgánica (aportes incontrolados de estiércol u otras enmiendas).
 - Distinguir los fertilizantes minerales de las enmiendas orgánicas, ya que los primeros pueden aportar o generar rápidamente cantidades importantes de nitrato.
- Dejar las hojas que caen bajo la copa y mantener esa zona sin laboreo, ya que es un buen método para aumentar a medio y largo plazo el contenido de materia orgánica del suelo, con sus implicaciones en la mejora de la infiltración y de fertilidad.
- Mantener correctamente la hierba de cobertura del suelo de la plantación.
- Evitar las aportaciones excesivas de agua que pueden provocar percolaciones y arrastres.

Las Informaciones Técnicas del año 2004.

| ID | Nº | TITULO / Autores | Ud. Técnica | Especie | Técnica | Pag. |
|-----|--------|--|-------------|------------|---------------|------|
| 352 | 135/04 | Ensayos de Variedades de patata. Resultados productivos y calidad culinaria. A. Borruy, F. Cotrina, J. Mula, C. Vega. | Herbáceos | Patata | Variedades | 24 |
| 353 | 136/04 | Aplicación informática para control del trabajo en la explotación agraria M. Gil, E. Sin. | Gestión | Todas | Hoja Calc. | 8 |
| 354 | 137/04 | Abonos estabilizados. Avance de resultados de ensayos en cultivo de maíz. M. Pérez. | Herbáceos | Maíz | Abonado | 8 |
| 355 | 138/04 | Gestión Cunicola. Año 2002. A. Picot, L. García, F. Iguacel, E. Sin, M. Gil. | Monogástr. | Conejos | Gestión | 12 |
| 356 | 139/04 | Comportamiento agronómico y parámetros de calidad del fruto de variedades de ciruelo japonés sobre distintos patrones. J. L. Espada, J. Romero, J. Segura. | Leñosos | Ciruelo | Ensayo | 8 |
| 357 | 140/04 | La fertilización razonada del olivar. J. L. Espada. | Leñosos | Olivo | Fertilización | 8 |
| 358 | 141/04 | Orientaciones para las siembras de otoño-invierno. Resultados de los ensayos. Cosecha 2004. M. Pérez, A. Albalat, A. Borruy, M. Gutiérrez, C. Vega y otros. | Herbáceos | Cereal | Variedades | 20 |
| 359 | 142/04 | El cultivo del Brócoli en Aragón. M. Gutiérrez. | Herbáceos | Brócoli | Ensayos | 16 |
| 360 | 143/04 | La horticultura de invernadero en el Alto Jiloca (Teruel). J. Mula. | Herbáceos | Hortícolas | Invernad. | 12 |
| 361 | 144/04 | Producción ecológica de cereales en secano semiárido. G. Pardo, F. Villa, J. Aibar, S. Fernández-Cavada, C. Zaragoza. | Herbáceos | Cereal | Ensayos | 8 |
| 362 | 145/04 | El cultivo del Romanesco en Aragón. M. Gutiérrez, A. Albalat. | Herbáceos | Romanesco | Variedades | 12 |
| 363 | 146/04 | Control de producciones ovino. Años 2002 y 2003. F. Abad, A. Albiol, S. Lozano, P. Vicente, M. Fortea, S. Congost. | Ganadería | Ovino | Control | 12 |
| 364 | 147/04 | Gestión del Nitrógeno en la explotación agraria. M. Gil. | Gestión | Todos | Abonado | 8 |
| 365 | 148/04 | Resultado de los ensayos en maíz y girasol. Cosecha 2004. M. Pérez y otros. | Herbáceos | Maíz | Ensayos | 12 |



Información elaborada por:

José Luis Espada Carbó

Jefe Unidad Cultivos Leñosos. Centro de Técnicas Agrarias.

Se autoriza la reproducción íntegra de esta publicación, mencionando su origen:
Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón.

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

Correo electrónico: cta.sia@aragob.es