

Resultados de los ensayos de fertirrigación en melocotón para industria

Análisis de la producción y calidad según la dosis de nitrógeno aplicada

Del estudio de los resultados del tercer año de aplicación de diferentes dosis de nitrógeno a melocotoneros destinados a la industria transformadora se desprende que la aplicación

de nitrógeno tendió a incrementar la producción, mejorando la calidad superior respecto a los árboles control. De acuerdo a que las exportaciones de nitrógeno de la cosecha en

estas condiciones de cultivo se aproximan a 60 kg N/ha, los mejores resultados globales se consiguieron con aplicaciones en el intervalo entre 60-120 kg N/ha.

Josep Rufat¹, Xavier Domingo^{1,4}, Amadeu Arbonés¹, Josep M. Villar², Pere Villar^{2,3}, Miquel Pascual⁵.

¹ Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, Centre UdL-IRTA, Tecnologia del Reg, Lleida.

² Universitat de Lleida, Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Lleida.

³ Applus Agroambiental S.A., Partida Setsams s/n, Lleida.

⁴ Centre d'Assessoria Dr Ferrer S.L., LAB-FERRER, Cervera (Lleida).

⁵ Universitat de Lleida, Departament d'Hortofruccultura, Botànica i Jardineria, Lleida.

(*) correo electrónico: josep.rufat@irta.cat

El nitrógeno (N), en condiciones de desarrollo en parcelas agrícolas, es generalmente el macronutriente más importante en la fertilización en melocotonero (*Prunus persica* L. Batsch). Una proporción importante del N se removiliza hacia el tronco y raíces antes de la caída de hojas, pero este N almacenado es insuficiente para mantener el funcionamiento del árbol a pleno rendimiento sin otras fuentes adicionales de N que el propio procedente de la materia orgánica. Por tanto, la fertilización nitrogenada es una técnica de cultivo básica para mantener el estado nutricional adecuado para el fun-

cionamiento de los frutales. En particular, las respuestas de la fertilización nitrogenada se pueden clasificar en efectos sobre el crecimiento de las raíces que determina la absorción de agua y nutrientes, efectos sobre el tamaño de la estructura del árbol y de la superficie foliar que determinan la radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada y, consecuentemente, disponibilidad de asimilados, efectos sobre la floración y cuajado que determinan la carga de frutos por árbol, efectos sobre el crecimiento del fruto que determina el tamaño del fruto y efectos sobre la maduración del fruto que determinan la calidad del fruto.

Diagnóstico de nitrógeno

El N es un componente que integra la clorofila y es la base para la síntesis de proteínas. Por tanto, la deficiencia de N produce hojas de color verde pálido, reduce el crecimiento de hojas y provoca su abscisión prematura conforme avanza la estación; además, bajo condiciones de baja disponibilidad de N, se ve favorecida la producción de an-



tocianos y aparecen zonas de color rojo sobre pecíolos y brotes, así como sobre limbos foliares, conllevando en conjunto una menor capacidad fotosintética y, en definitiva, compromete la productividad de las plantas. Estos síntomas pueden ser muy pronunciados en melocotonero. Existen tres aproximaciones para diagnosticar problemas nutricionales: el análisis de suelos, el análisis de hojas y el reconocimiento visual de síntomas. El último es el método más rápido de diagnóstico, pero requiere experiencia en reconocer los síntomas y a menudo no es beneficioso esperar a que se manifieste una carencia. El análisis de suelos a la salida de reposo invernal es útil para diagnosticar el nivel de reservas de N, las cuales influirán en el balance y la posterior toma de decisión sobre el abonado, siendo el análisis de hojas un método útil para diagnosticar problemas nutricionales como complemento al análisis de suelos. A esta última técnica se le atribuye una buena capacidad para integrar los factores edáficos, climáticos y fisiológicos que afectan la absorción de N; presentando además como ventaja que la concentración de N en hoja se puede comparar con niveles de referencia ya establecidos.

Crecimiento de fruto

El crecimiento del fruto se produce conjuntamente por acumulación de agua y materia seca. Las raíces proporcionan el agua y el nitrógeno necesario, mientras que las hojas son la fuente de asimilados. En melocotón cv. Andross, la proporción de materia seca del fruto varía según el estado de desarrollo del fruto, pero a recolección es aproximadamente del 14%. El desarrollo del fruto sigue una curva doble-sigmoidal y se distinguen tres fases. La primera fase incluye un periodo inicial de crecimiento rápido por división celular del fruto (fase I), seguida por una fase, más o menos marcada, donde la tasa de crecimiento se reduce (fase II) y finalmente un periodo de crecimiento expansivo del fruto hasta la maduración (fase III). Durante la fase II se produce el endurecimiento y la síntesis de lignina del hueso.

El aumento de la concentración de N en fruto se tradujo en un aumento paralelo de las exportaciones de N de la cosecha. Para el año 2008, la aplicación de 120 kg N por hectárea se tradujo en unas exportaciones de la cosecha de 44,6 kg N por hectárea.

Los cambios en la tasa de asimilación del carbono en hojas respecto al consumo en frutos regulan el crecimiento de éstos. En variedades de maduración similar a Andross, el crecimiento del fruto se produce principalmente durante la fase III, cuando el crecimiento de las hojas se ha parado casi por completo, mientras que solo el 12% del crecimiento total en peso fresco del fruto se produce cuando las hojas están en crecimiento activo.

La concentración de N en hojas disminuye durante el periodo de desarrollo y ello se atribuye a la dilución del N en las hojas en crecimiento durante la primavera y a la removilización del N desde las hojas hacia los frutos, que poseen una demanda en N superior durante la fase III. La absorción de N del suelo depende en gran manera de la carga de frutos y es mayor durante el periodo de crecimiento del fruto. La competencia entre frutos por el N en árboles muy cargados puede limitar su translocación al

fruto por competencia por el mismo.

Situación actual

La importancia del cultivo de melocotoneros viene dada por la superficie que ocupa en España, 80.528 hectáreas, con un significativo aumento durante los últimos años. Las tendencias actuales se orientan hacia plantaciones de alta densidad, nuevas variedades y riego localizado. Esto ha favorecido el desarrollo de técnicas de fertirrigación que permiten realizar aplicaciones de nutrientes más ajustadas a la demanda estacional del árbol y cubrir las necesidades de producción anual.

Las necesidades de fertilizante nitrogenado de las plantaciones de melocotoneros se relacionan con el balance de N, el cual depende de la fertilidad del suelo (materia orgánica, textura, profundidad, etc.), la calidad del agua de riego y de las características de la plantación, como su volumen productivo y carga presente de frutos.

Entre algunos de los factores que contribuyen a la baja eficiencia en el uso de N, se encuentran el manejo incorrecto del riego y la dificultad en diagnosticar el estado N del árbol. Las sondas de humedad del suelo pueden ser útiles para controlar el riego a tiempo real y mejorar la aplicación de fertilizante N. Por su parte, la aplicación excesiva de N tiene pocas ventajas y muchos inconvenientes: aumenta los costes de producción, la vegetación excesiva causa problemas relacionados con el sombreado y aumenta las pérdidas por lixiviación con el riesgo de contaminación de acuíferos.

En plantaciones destinadas exclusivamente para industria, la recolección mecanizada permite la reducción de los costos si



Fotografías, de izquierda a derecha:
Vista general de la parcela.
Máquina para la recolección mecanizada.
Pesado de la producción.

bien puede presentar algunos inconvenientes derivados de su nula selectividad. También, la industria de procesado valora la calidad de la fruta según la concentración de azúcares y consistencia de la pasta, así como la homogeneidad de madurez de los frutos. Para la conjugación de los objetivos del productor y la industria, los experimentos de fertilización N en melocotoneros en condiciones de campo necesitan de amplios periodos de investigación para ratificar las respuestas obtenidas.

Materiales y métodos

Localización

El experimento se inició en el año 2006, en un área de 1,5 ha de una plantación comercial de melocotón para industria (elaboración de zumos, cremogenados y mermeladas) localizada en Torres de Segre, en la zona frutícola de Lleida (41,6° N, 0,44° E, 240 m), que pertenece al área oriental de la depresión del Ebro. La clasificación del clima es mediterráneo semiárido continental con una temperatura media anual de 14,7°C, una precipitación anual de 355 mm y una evapotranspiración de referencia de 1.172 mm.

Parcela experimental

Se utilizaron melocotoneros de un cultivar de maduración a mediados de agosto (*Prunus persica* (L.) Batsch. cv. Andross) injertados sobre un patrón franco de melocotonero (GF-305). La plantación se realizó el año 2000 en un marco de 5 x 2,8 m y los árboles se formaron en palmeta con tres ramas principales hasta de 3,5 m de altura.

Se utilizó un sistema de fertirrigación para aplicar la solución nitrogenada UAN-32, regándose los árboles diariamente evaluando las necesidades de agua según un balance hídrico semanal. Los tratamientos fitosanitarios se realizaron según un criterio de residuos mínimos y la cosecha fue mecánica con un vibrador continuo de tronco.

La calidad del agua de riego del Canal de Aragón y Cataluña presentó baja salinidad y sodicidad, con una conductividad eléctrica de

0,30 dS m⁻¹ a 25°C, pH de 7,8 y SAR de 0,49. El agua tenía una concentración baja de nitratos de 0,03 meq l⁻¹.

Al inicio del experimento se tomó una muestra compuesta de suelo hasta 0,25 m de profundidad. El suelo es de textura franca (arena 40,3%, limo 39,8% y arcilla 19,9%), con un nivel de materia orgánica del 3,25% y un nivel de CaCO₃ equivalente del 22%. El pH del suelo de 8,3 es moderadamente básico (suspensión 1:2,5) y no presenta problemas de salinidad con una conductividad eléctrica de 0,32 dS m⁻¹ a 25°C (suspensión 1:5). El valor inicial de N-NO₃⁻ era de 8,84 mg kg⁻¹. El suelo tiene un buen drenaje, con una profundidad efectiva de raíces de 0,45 m (existe un horizonte petrocálcico a esta profundidad), una densidad aparente de 1.500 kg m⁻³ y un alto contenido de elementos gruesos (30% v/v).

La aplicación excesiva de N tiene pocas ventajas, pudiendo aparecer problemas relacionados con el sombrero y reduciéndose la eficiencia productiva del N aplicado.

de 0,32 dS m⁻¹ a 25°C (suspensión 1:5). El valor inicial de N-NO₃⁻ era de 8,84 mg kg⁻¹. El suelo tiene un buen drenaje, con una profundidad efectiva de raíces de 0,45 m (existe un horizonte petrocálcico a esta profundidad), una densidad aparente de 1.500 kg m⁻³ y un alto contenido de elementos gruesos (30% v/v).

Diseño

El diseño fue en bloques completamente aleatorios con cuatro repeticiones. Se establecieron tres tratamientos de fertilización N: dosis de 0 kg N/ha (N-0), 60 kg N/ha (N-60) y 120 kg N/ha (N-120). Cada parcela elemental estaba constituida por tres líneas contiguas de árboles, en total treinta árboles, y el seguimiento se realizaba sobre los cinco árboles centrales.

Determinaciones realizadas

Para el seguimiento continuo del contenido volumétrico de agua del suelo se instalaron sondas de capacitancia ECH20-25 (Decagon Devices, Inc. EE.UU.) a 0,15 y 0,30 m de profundidad, separadas 0,70 m del tronco y situadas dentro del bulbo húmedo. Se calculó el contenido relativo de agua al suelo según el límite de recarga (0%) y capacidad de campo (100%) determinados a partir de los gráficos resultantes. Al terminar cada fase de crecimiento del fruto se realizó la medida del potencial hídrico de tallo al mediodía mediante una cámara de presión modelo 3000 (Soil Moisture Equipment Corp., EE.UU.) y se determinó la conductancia estomática de hojas expuestas al sol con porómetro Licor 1600 (Li-Cor Environmental, EE.UU.).

Se realizó un muestreo de hojas a mediados de julio y frutos a recolección para su análisis mineral (método Kjeldhal para el N y espectrómetro ICP para el resto de nutrientes). En campo se determinaron los valores de contenido relativo de clorofila en hoja con el SPAD-502 (Konica Minolta Ltd., Hong Kong) y en laboratorio la superficie foliar (LI 3100 Area Meter, LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska, EE.UU.).

En la recolección se determinó la cosecha total por árbol, la carga de frutos y su peso medio. Justo después de recolección, también se determinó la fracción PAR interceptada con un ceptómetro (Accupar Linear PAR, Decagon Devices Inc., Pullman, WA, EE.UU.). Se determinó la calidad de los frutos según el porcentaje de materia seca de la pulpa y la dureza de la pulpa (Penefel, Francia) con puntal de 8 mm y de la pasta procesada según los sólidos solubles (refractómetro termocompensado Atago, Japón) y consistencia (avance durante un tiempo determinado mediante consistómetro de plano inclinado).

Resultados y discusión

Fases de desarrollo

El **cuadro I** muestra la duración de las fases de desarrollo de los árboles durante el año 2008. La plena floración se produjo el 12 mar-



CUADRO I. Fases de crecimiento del fruto, condiciones meteorológicas (PREC y ETo), dosis de riego (D), contenido relativo de agua al suelo (RSWC), potencial de tallo al mediodía (Ψ_{tallo}) y conductancia estomática al mediodía (g_s) durante 2008.

Fase	Duración	PREC (días)	ETo (mm)	D (mm)	RSWC (%)	Ψ_{tallo} (MPa)	g_s (mmol m ⁻² s ⁻¹)
Reposo	31/10/07-11/03/08	134	43	134	6	58	-
Fase I	12/03/08-13/05/08	63	87	203	94	65	-0,34
Fase II	14/05/08-25/06/08	43	108	176	99	50	-0,55
Fase III	26/06/08-12/08/08	47	26	240	274	43	-1,02
Postrecolección	13/08/08-10/11/08	90	141	245	159	44	-0,65
Total	31/10/07-10/11/08	377	405	998	632	-	-

CUADRO II. Efecto de la dosis de fertilizante N sobre la nutrición mineral de hojas y frutos. Superficie foliar específica (SLW), los valores SPAD, la concentración en hoja de N, K, Ca y Mg, la concentración de N en fruto y las exportaciones de N de la cosecha.

Tratamiento	SLW (g m ⁻²)	SPAD	N hoja (% ms)	K hoja (% ms)	Ca hoja (% ms)	Mg hoja (% ms)	N fruto (mg g ⁻¹ ms)	N exportado (kg ha ⁻¹)
N-0	65,0	39,5 c	2,57 c	1,89 a	3,53	0,74	5,28 b	30,1 b
N-60	63,6	41,7 b	2,91 b	1,82 a	3,68	0,75	6,26 a	39,6 a
N-120	62,9	43,0 a	3,18 a	1,59 b	3,62	0,77	6,90 a	44,6 a
test-F	ns	<0,0001	<0,0001	0,0009	ns	ns	0,0003	0,0001

Las letras diferentes dentro de cada columna indican diferencia significativas (LSD 5% y n=12).

zo y la recolección el 12 de agosto. La precipitación fue de 405 mm y la evapotranspiración de referencia de 998 mm. La dosis de riego según las necesidades estacionales fue de 632 mm.

A principios de la fase I, el contenido relativo de agua al suelo era del 65% y Ψ_{tallo} de -0,34 MPa. Aunque se produjeron precipitaciones importantes durante la fase II, el contenido relativo de agua al suelo descendió hasta el 50% y Ψ_{tallo} a -0,55 MPa. En la fase III, cuando se produjo el crecimiento expansivo del fruto, el contenido relativo de agua al suelo descendió hasta el 43% y Ψ_{tallo} a -1,02 MPa. Después de la recolección el contenido relativo de agua al suelo se mantuvo al 44% y Ψ_{tallo} aumentó hasta -0,65 MPa, manifestando la respuesta de los árboles al eliminar el fruto. La conductancia

estomática siguió una evolución estacional con valores máximos durante la fase III de 340 mmol m⁻² s⁻¹. Por tanto, aún en condiciones de riego, las condiciones meteorológicas conjuntamente con las fases de crecimiento del fruto tuvieron una importante influencia en la respuesta hídrica de la planta (**cuadro I**).

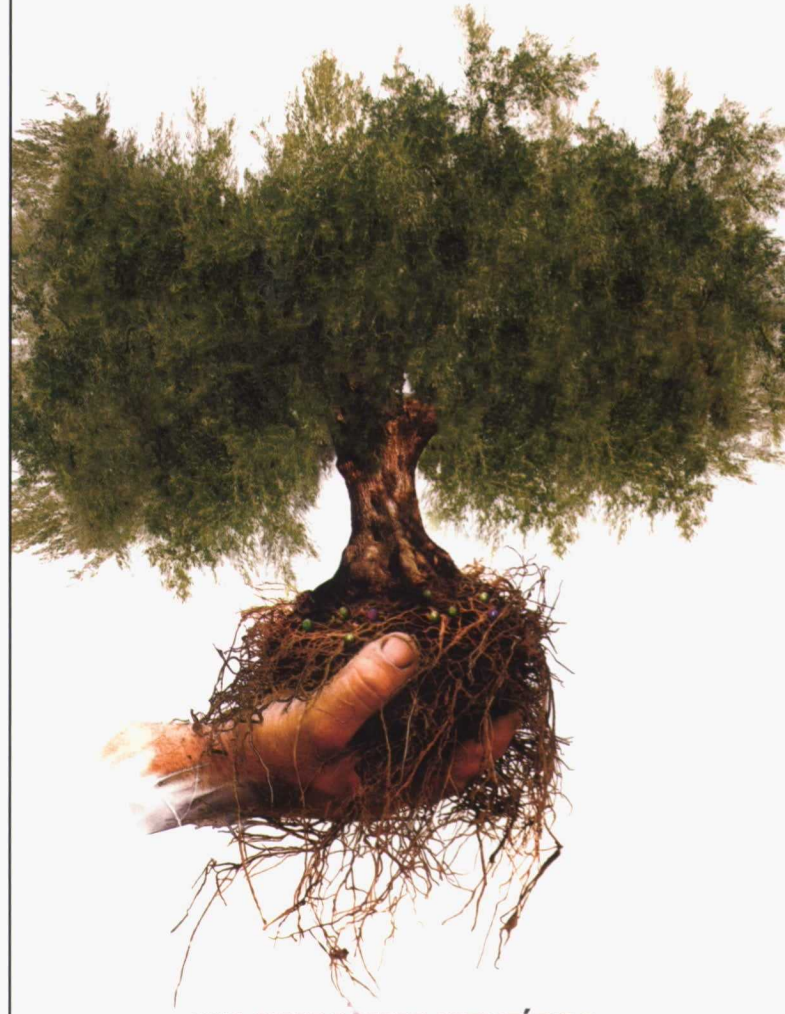
Nutrición mineral

De los resultados obtenidos, se observó una tendencia negativa en el peso foliar específico (SLW) respecto la aplicación de fertilizante N, aunque no significativa, como sucede en hojas de otros árboles frutales. También la absorción de N supuso un incremento de los valores SPAD y de la concentración de N en hoja y en fruto (**cuadro II**). Esta misma respuesta de los melocotoneros a la fertilización N se produjo

La mejor dosis de N de acuerdo con los resultados globales de producción y calidad se consiguió para el intervalo de 60 a 120 kg N por hectárea.

EXPOLIVA

JAÉN DEL 13 AL 16 DE MAYO
JAÉN FROM 13TH TO 16TH OF MAY
2009



**XIV SIMPOSIUM CIENTÍFICO
TÉCNICO EXPOLIVA 2009**

**II SALÓN INTERNACIONAL DEL
ACEITE DE OLIVA VIRGEN EXTRA**

ORGANIZA



PATROCINA



CUADRO III. Efecto de la dosis de fertilizante N sobre los componentes de la producción y la calidad del fruto. Fracción PAR interceptada (FIPAR), carga (Q), cosecha (Y), peso medio del fruto (M), materia seca de la pulpa (DM), firmeza de la pulpa (F), sólidos solubles de la pasta (TSS) y consistencia de la pasta (CS).

Tratamiento	FIPAR (%)	Q (frutos árbol ⁻¹)	Y (t ha ⁻¹)	M (g)	DM (%)	F (N)	TSS (°Brix)	CS (cm)
N-0	32,5 b	440	43,6	140	11,4	13,9 c	10,7	9,3 a
N-60	34,8 a	480	47,3	140	11,4	18,1 b	10,5	8,9 a
N-120	35,4 a	520	48,9	130	11,2	22,9 a	10,4	8,0 b
Test-F	0,0085	ns	ns	ns	ns	<0,0001	ns	0,0001

Las letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas (LSD 5% y n=12).

ya desde el primer año de experimento (resultados no mostrados). También las condiciones del suelo del ensayo, poco profundo y con piedras, favoreció una respuesta rápida. No obstante, en árboles sin aplicación de N, la concentración de N en hoja se encontró siempre en el intervalo considerado como óptimo según una muestra de hojas tomada a mitad de verano. Ello se explica atendiendo que la mineralización de la materia orgánica del suelo, alto en la parcela de ensayo, aportó N disponible para su absorción a través de las raíces.

Por otro lado, la concentración de N hoja descendió durante el progreso de la estación y conforme avanzó el desarrollo del fruto. Además se observó el efecto antagónico entre la dosis de N y la concentración de cationes en hoja, especialmente el potasio. El aumento de la concentración de N en fruto se tradujo en un aumento paralelo de las exportaciones de N de la cosecha. Para el año 2008 la aplicación de 120 kg N por hectárea se tradujo en unas exportaciones de la cosecha de 44,6 kg N por hectárea (**cuadro II**).

Componentes de la producción

Como efecto importante, la aplicación de N supuso un incremento significativo de la fracción PAR interceptada determinada justo después de la recolección, que es una medida indirecta del crecimiento vegetativo y superficie foliar desde brotación. El aumento de superficie foliar favorece, generalmente, la disponibilidad de asimilados y tiene repercusiones en la eficiencia con que se forman los componentes de la producción. Así, se observa una tendencia paralela en la carga de frutos y cosecha, aunque no significativa, sin un efecto claro en el peso medio de los frutos (**cuadro III**). Por tanto, la aplicación de N estimula la cosecha prolongando el período durante el cual el fruto almacena los asimilados.

No obstante, la aplicación excesiva de N tiene pocas ventajas, pudiendo aparecer problemas relacionados con el sombreado y reduciéndose la eficiencia productiva del N aplicado.

Calidad de los frutos en pulpa y pasta procesada

La muestra de frutos para calidad se tomó el mismo día de la recolección. El porcentaje de materia seca de la pulpa y la concentración de azúcares de la pasta son atributos relacionados, observándose una disminución paralela con la dosis de N, aunque no significativa. En cambio los frutos que habían recibido aplicación de N mostraron valores mayores en la firmeza de la pulpa y la consistencia de la pasta especialmente para la dosis de N alta (**cuadro III**). No obstante, la aplicación de N supuso atributos comerciales de calidad mejores.

Estos resultados demuestran que la fertilización N afecta la maduración. La firmeza de la pulpa adquiere una gran importancia para el productor de melocotón con recolección mecanizada, mientras que la industria de procesado valora la calidad de los frutos según la concentración de azúcares y consistencia de la pasta, aunque actualmente no supongan un precio extra.

Conclusiones

Como efecto del tercer año de fertirrigación N en árboles de melocotonero y en las condiciones propias del ensayo, la aplicación de N tendió a aumentar la cosecha y prolongó el desarrollo del fruto. La dosis de N no afectó la concentración de azúcares pero los frutos con aplicación N mostraron mayores valores en firmeza de la pulpa y consistencia de la pasta. Los frutos con aplicación de N consiguieron los atributos comerciales de calidad.

La mejor dosis de N de acuerdo con los resultados globales de producción y calidad se consiguió para el intervalo de 60 a 120 kg N por hectárea. ●

Agradecimientos

Estudio financiado con el proyecto INIA RTA2005-00065. Xavier Domingo obtuvo una beca predoctoral para la formación de personal investigador en la empresa Centre d'Assessoria Dr Ferrer SL, Lab-Ferrer (Convenio Universitat de Lleida-Empresa 2006FI 02018) con el apoyo del Departament d'Universitats, Re-

cerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya. Se agradece especialmente a Josep Ramon y Fernando Sainz de la Maza de Agrocelmeli SCCL su disposición para realizar el estudio y a las empresas Indulleida SA (Miguel A. Cubero y Joseph Escolà) y SolFranc Tecnologies (Josep Oncins).

COSECHADORAS DE OCASIÓN



Enrique Segura

www.enriquesegura.com

Polígono industrial Sector 4, nº 9
50830 Villanueva de Gállego (Zaragoza). España

Tfno.: 976 18 50 20 • Fax: 976 18 53 74

Móvil: 609 300 299 • E-mail: enrique@enriquesegura.com

