

## CAO99-020-C2. CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LAS VARIEDADES DE OLIVO EMPELTRE Y ARBEQUINA EN ARAGÓN

Subproyecto 1: M. Alcubilla<sup>1\*</sup>, M. A. Romero<sup>1</sup>, A. Broca<sup>1</sup>, A. I. Negueruela<sup>2</sup>.  
Subproyecto 2: E. Monge<sup>3</sup>, J. Val<sup>3</sup>, J. L. Espada<sup>4</sup>, J. Betrán<sup>5</sup>, M. S. Gracia<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. C/ Miguel Server, 177, 50013 Zaragoza.

<sup>2</sup>Departamento de Física Aplicada. Universidad de Zaragoza. C/ Miguel Server, 177, 50013 Zaragoza.

<sup>3</sup>Estación Experimental Aula Dei, CSIC. Apartado 202. 50080 Zaragoza.

<sup>4</sup>Centro de Técnicas Agrarias. Diputación General de Aragón. Apartado 617. 50080 Zaragoza.

<sup>5</sup>Laboratorio Agroambiental. Diputación General de Aragón. Apartado 727. 50080 Zaragoza.

\* Coordinadora del Proyecto. Telf.: 976761599 / Fax: 976762488 / E-mail: alcubil@unizar.es

### RESUMEN

Este trabajo se plantea como una contribución al conocimiento de las relaciones entre el medio agrológico, el estado nutricional del olivo, la composición fenólica de hojas y frutos y la calidad del aceite de oliva en Aragón. Con este fin se han realizado dos ensayos de fertilización nitrogenada en plantaciones jóvenes de las variedades Empeltre y Arbequina en regadío. Se ha estudiado durante tres años la composición mineral, así como la composición polifenólica de hojas y frutos, la producción y la productividad de los árboles y la calidad del aceite. Los resultados obtenidos durante los tres años de ensayo, indican que en estas explotaciones, con una situación nutricional dentro del rango de suficiencia, según diagnóstico foliar, el abonado con distintas dosis de nitrógeno tiene poca influencia sobre los parámetros estudiados.

Por otra parte, se han analizado las correlaciones entre los distintos parámetros, encontrando que el contenido de nitrógeno foliar está relacionado negativamente con el grado de acidez de los aceites, mientras que el contenido de hierro en hoja lo está con el nivel de peróxidos y de polifenoles.

**Palabras clave:** *Olea europaea*, cv. Arbequina, cv. Empeltre, diagnóstico nutricional, compuestos fenólicos, calidad de aceite

### SUMMARY

This work can be considered like a contribution to the knowledge, in Aragón, of the relations between the agrologic environment, the nutritional state of the olive trees, the phenolic composition of leaves and fruits as well as the olive oil quality. With this purpose two nitrogen fertilization tests in Empeltre and Arbequina young plantations

have been made in irrigated land. The mineral composition, as well as the phenolic composition of leaves and fruits, the production and the productivity of the olive trees and the quality of the oil has been studied during three years. The results have showed that, in olive grows with a nutritional status within the sufficiency rank, the fertilization with different nitrogen dosages has little influence on the studied parameters. On the other hand, the correlations between the different parameters analyzed, showed that the content of the nitrogen foliar is related negatively to the degree of acidity of oils, whereas the iron content in leaf is also related negatively with the level of peroxides and polyphenols.

**Keywords:** *Olea europaea*, cv. Arbequina, cv. Empeltre, nutritional diagnostic, phenolic compounds, oil quality.

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

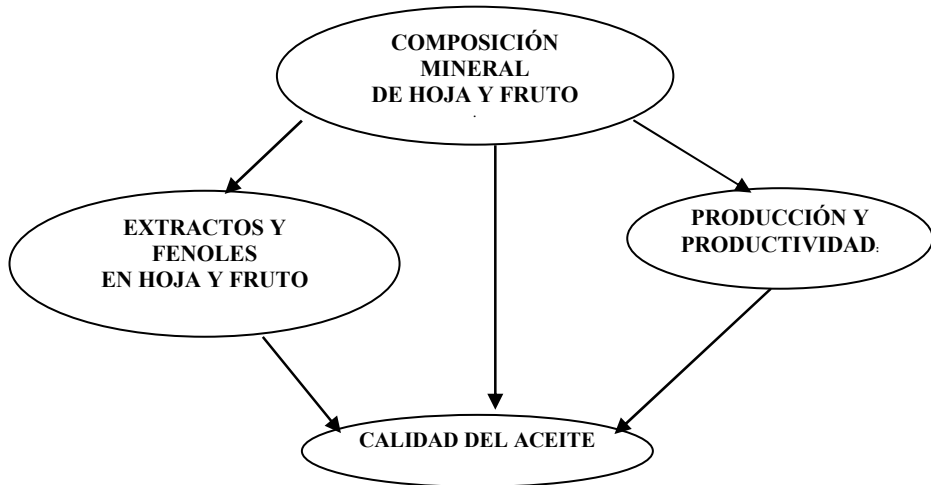
El estado nutricional del olivo, dentro de una determinada variedad, no sólo afecta a la producción del árbol, sino también a la composición mineral y orgánica de hojas y frutos (Monge et al., 2002 a y b), especialmente en lo que se refiere al contenido de polifenoles o su proporción respecto a otros componentes orgánicos, así como a la calidad del aceite (Alcubilla et al., 2002 a y b). Los compuestos fenólicos tienen efecto antioxidante y son, por tanto, responsables de la alta estabilidad del aceite de oliva virgen, además de influir en las características organolépticas del mismo. En el contenido en polifenoles del aceite pueden incidir, de manera particular, la variedad, el medio edafoclimático, las prácticas culturales, etc.

En diversas especies vegetales se ha puesto de manifiesto la relación que existe entre el estado de nutrición y el contenido en polifenoles de la planta; especial importancia ha mostrado tener la nutrición en nitrógeno, ya que tanto una deficiencia como un exceso de este elemento pueden conducir a un desequilibrio entre la síntesis de polifenoles y otros componentes orgánicos. El nitrógeno es el elemento al que el olivo responde más rápidamente y con mayor rentabilidad, aumentando la producción, la cantidad de clorofila y la asimilación de otros nutrientes. Por otra parte, en diversas especies vegetales se ha puesto de manifiesto que tanto su deficiencia como su exceso pueden conducir a sinergismos o antagonismos con otros parámetros y a desequilibrios entre la síntesis de polifenoles y otros compuestos orgánicos.

El proyecto pretende poner de manifiesto posibles relaciones entre el contenido del olivo en nutrientes minerales y en polifenoles de hojas y frutos en diferentes estadios del ciclo vegetativo, así como entre estos parámetros y la calidad del aceite. El establecimiento de este tipo de relaciones sólo pueden llevarse a cabo en experimentos de fertilización controlados, donde se estudie el efecto de un único elemento nutriente, manteniendo constantes todos los demás parámetros agronómicos. El proyecto se ha centrado en las variedades Empeltre y Arbequina, representativas de Aragón (Gracia, 2001 y Espada 2003).

Por todo ello los objetivos de este proyecto han sido (a): Caracterizar la influencia de la fertilización nitrogenada de las variedades Empeltre y Arbequina sobre la

composición mineral de hojas y frutos, la producción y la productividad, la composición polifenólica de hojas y frutos y sobre la calidad del aceite, en plantaciones jóvenes en regadío. (b) Estudiar las interrelaciones entre los parámetros anteriormente expuestos.



**Figura 1.** El estado nutricional del olivo como eslabón entre el medio agrológico, la producción, la composición orgánica de hojas y frutos y la calidad del aceite.

La consecución de estos objetivos, tarea compleja y multidisciplinar, exige un largo periodo de tiempo de observación, seguimiento y análisis. De aquí que estas investigaciones se concibieran en forma de Proyecto Coordinado, con investigadores de diferentes ramas científicas y varias Instituciones.

La figura 1 muestra esquemáticamente la conexión entre los factores agronómicos, la producción y la calidad del aceite de oliva a través del estado nutricional del olivo y la composición fenólica de hojas y frutos. Esto explica el carácter multidisciplinar del proyecto dadas las interrelaciones entre los distintos estudios planteados.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este proyecto se seleccionaron dos olivares plantados en 1996, uno de la variedad Arbequina y otro de Empeltre. El olivar de Arbequina, situado en el municipio de Sástago (Zaragoza), tiene una densidad de 800 árboles ha<sup>-1</sup>; la explotación Empeltre se encuentra en Calanda (Teruel) y tiene una densidad de 200 árboles ha<sup>-1</sup>. En cada variedad se seleccionaron, de forma aleatoria, tres bloques de olivos, con un volumen de copa similar, aplicándose a cada bloque una dosis distinta de nitrógeno. El diseño de abonado, en ambas explotaciones, se estableció con cuatro repeticiones, utilizando dos árboles como unidad experimental de muestreo.

El abonado en la variedad Arbequina se realizó aplicando un complejo (8-3-8 ácido) base para toda la explotación. El primer bloque recibió únicamente la dosis base (D-0 o N-0) de 36 unidades fertilizantes de nitrógeno (UF N) ha<sup>-1</sup>, el segundo bloque se les aplicó una dosis de 74 UF N ha<sup>-1</sup> (D-1 o N-1) y finalmente al último se le suministraron 97 UF N ha<sup>-1</sup> (D-2 o N-2). El abonado en la variedad Empeltre se realizó aplicando un abono complejo (12-12-24) para toda la explotación; a uno de los bloques se le aplicó la dosis inicial (D-0 o N-0) de 16 UF N ha<sup>-1</sup>, a otro 56 UF N ha<sup>-1</sup> (D-1 o N-1) y al tercero 96 UF N ha<sup>-1</sup> (D-2 o N-2). Las dosis iniciales, en ambas variedades, eran las que se utilizaban con anterioridad en las respectivas explotaciones.

La situación del suelo en las parcelas de ensayo de olivo en Calanda y Sástago se ha caracterizado inicialmente mediante la realización de sondeos en la zona de raíces de árboles que habían de recibir diferentes dosis de fertilización nitrogenada. Posteriormente se efectuó un muestreo de seguimiento en esos mismos puntos para poder evaluar la evolución de los parámetros de suelo.

Las muestras de hoja han sido tomadas en distintos momentos del año (julio y noviembre), desde 1999 a 2001, procedían de brotes del año sin fruto alrededor de toda la copa del árbol y tomadas a la altura del hombro (Fernández-Escobar, 2001 y Fernández-Escobar y Sánchez, 2001). Las muestras de aceituna se tomaron en el mes de noviembre. En todos los casos se han estudiado individualmente 12 árboles, 4 por cada variante del experimento.

El análisis mineral de las hojas y frutos se realizó siguiendo los métodos del C.I.I. (1996) y Pinta y DeWele (1975). Para la determinación del nitrógeno se utilizó un analizador elemental (CEinstruments, mod. Na 2100). Para el resto de elementos se realizó la calcinación de la muestra en un horno mufla a 550°C, disolviendo las cenizas en ácido nítrico y clorhídrico hasta completar la mineralización (Jones, 1994). El fósforo se determinó por colorimetría siguiendo el método del vanadato-molibdato, el potasio por espectrofotometría de emisión, mientras que el calcio, magnesio y los microelementos por absorción atómica.

La metodología de toma, procesado y análisis de las muestras de hojas y frutos para el análisis de los extractos y fenoles ha sido puesta a punto por Romero (2004). De las aceitunas se separó la pulpa para su análisis. Una vez molidas las muestras, se sometieron a distintos procesos de extracción para separar los componentes solubles según su polaridad. A las hojas se les realizó una extracción cuantitativa, primero con cloroformo y luego con etanol. En el extracto de etanol se determinó el contenido total de polifenoles con el reactivo de Folin-Ciocalteu. La determinación de los flavonoides se realizó con el reactivo de tricloruro de aluminio. De la pulpa de aceitunas se obtuvo el extracto de hexano y el extracto de agua; en este último se determinaron también los fenoles totales.

Para la determinación de los parámetros de calidad del aceite de oliva se siguió la metodología descrita en el Reglamento 2568/91 de la CEE del 11 de julio de 1991, con ligeras modificaciones (Gracia, 2001). De cada uno de los olivos de los tres tratamientos con distintas dosis de fertilización nitrogenada, se recolectaron las aceitunas manualmente. Los aceites fueron extraídos utilizando el método Abencor en frío. En estos aceites se determinó el grado de acidez, índice de peróxidos, absorción en

el ultravioleta (K270 y K232), contenido en polifenoles (Vázquez Roncero et al., 1973), estabilidad oxidativa, composición en ácidos grasos y contenido en esteroides y su composición (Reglamento CEE2586/91).

## **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

### **Caracterización del medio físico y de la fertilidad de los suelos**

En el ensayo de Arbequina, el suelo está formado sobre materiales geológicos en los que alternan margas y areniscas. La profundidad de suelo no es regular (varía de 60 a 90 cm) y denota roturación reciente. La textura es, en general, franco-arcillosa en toda la profundidad estudiada, aunque ocasionalmente aparecen “bolsadas” de material arenoso correspondientes a arenisca muy alterada. En el perfil estudiado, la presencia de caliza activa era alta (12-15 %), y la salinidad normal en todas las profundidades, con un pH de 8.6. La materia orgánica, aunque baja en la muestra superficial (1.49 %), era relativamente alta en el resto (1.83 %). El contenido de nitrógeno en forma de nitratos era equivalente a unos 59 Kg. ha<sup>-1</sup> de nitrógeno asimilable, con mayor concentración hasta los 60 cm de profundidad; el contenido en la profundidad 60 a 90 cm equivale sólo a unos 12.5 Kg. ha<sup>-1</sup>. El contenido de fósforo asimilable era muy bajo, mientras que el contenido de potasio era alto. El nivel de microelementos era superior al nivel crítico aunque límite para el cobre.

En el ensayo de Empeltre, el suelo se ha formado sobre margas yesíferas, que aparecen a una profundidad de 90-120 cm muy alteradas. La profundidad media de suelo explorable es de unos 100 cm. La textura es franca en la muestra de 0-30 cm, franco-limosa entre 30-60 cm y franco-arcillosa por debajo de 60 cm. En el perfil estudiado, el pH era moderadamente básico en todas las profundidades, la presencia de caliza activa era media y aunque el suelo no puede calificarse de salino, existe una concentración de sales superior a la normal, siendo su origen la presencia de yeso. El contenido de materia orgánica, aunque bajo en la muestra superficial, era alto en el resto. La concentración de nitrógeno en forma de nitratos equivale a unos 155 Kg. ha<sup>-1</sup> de nitrógeno asimilable. La mayor parte se encontraban en la parte superficial, 76 Kg. ha<sup>-1</sup> en los primeros 30 cm. Los niveles de fósforo asimilable y de potasio eran altos. El contenido de microelementos era en todos los casos superior al nivel crítico.

En la evolución de ambos ensayos se aprecia la permanencia en el suelo de elevadas cantidades de nitrógeno en forma de nitratos, especialmente en las dosis más altas.

## Composición mineral de las hojas y su relación con la producción y la productividad

Los resultados obtenidos del análisis foliar para los ensayos de Arbequina y Empeltre, demuestran que todos los niveles de los minerales analizados se encuentran dentro del rango de suficiencia citado en la bibliografía especializada (Jones, 1991, Fernández-Escobar, 2001 y Fernández-Escobar y Sánchez 2001). Los resultados indican que en olivar joven, al menos en las variedades Arbequina y Empeltre, no hay una respuesta de un exceso de fertilización nitrogenada en los niveles de elementos en hojas, resultados que confirman los encontrados por Fernández-Escobar y Sánchez (2001).

Para estudiar si el exceso de fertilización nitrogenada producía alguna situación de sinergia o antagonismo se realizó un estudio de correlaciones entre el nitrógeno y el resto de nutrientes, encontrando que entre este elemento y el cobre hay una correlación significativa al nivel del 0.01 de  $-0.582$  en la variedad Empeltre, mientras que en la variedad Arbequina existe una correlación entre el nitrógeno y el calcio, con una significación al nivel 0,05 (Monge et al. 2002 a y b).

La tabla 1 muestra los resultados sobre el contenido foliar medio de nitrógeno (%) de las muestras del mes de julio y los datos de producción obtenidos (Kg./árbol) para cada uno de los tratamientos y años de ensayo. En el año 1999 sólo había el abonado inicial base.

**Tabla 1.** Influencia de la fertilización nitrogenada en el contenido medio del nitrógeno en hoja (%) y en la producción (kg./árbol).

	1999			2000			2001		
	<u>D-0</u>	<u>D-1</u>	<u>D-2</u>	<u>D-0</u>	<u>D-1</u>	<u>D-2</u>	<u>D-0</u>	<u>D-1</u>	<u>D-2</u>
Empeltre									
N (%)	1,49			1,89	2,00	1,93	2,01	2,03	2,10
C. Var. (%)	7			10	8	11	5	2	1
Producción	s.c.	s.c.	s.c.	4,18	4,08	2,74	s.c.	s.c.	s.c.
C. Var. (%)				18	19	10			
Arbequina									
N (%)	1,62			1,99	2,05	2,10	1,92	1,92	1,91
C. Var. (%)	6			7	3	3	6	6	6
Producción	2,86	2,29	2,24	3,83	5,29	4,83	9,01	8,29	4,46
C. Var. (%)	72	27	32	17	23	16	13	23	48
	s.c. sin carga de cosecha (vecería).								

El análisis estadístico de los valores de la concentración foliar de nitrógeno, según test de rangos múltiples de Duncan, demuestran que no hay diferencias significativas

entre los tratamientos dentro del mismo año o entre las diferentes campañas; aunque los valores al inicio del ensayo (1999) son más bajos.

La producción sólo se pudo estudiar en la variedad Arbequina en que hubo cosecha durante los tres años de ensayos, mientras que la variedad Empeltre únicamente presentó cosecha un año. Entre la producción y la concentración de nitrógeno en hoja se encontró una correlación significativa positiva de 0.40, al nivel del 99 %, aunque podría responder a la variabilidad que existe tanto dentro de un mismo tratamiento como entre tratamientos, según parece derivarse de los altos valores que tienen los respectivos coeficientes de variación.

Estos resultados permiten afirmar que el exceso de nitrógeno no conduce, en la variedad Arbequina, ni a un aumento de producción, ni a un mayor vigor del olivo. En la variedad Empeltre los resultados obtenidos parecen demostrar que hay una relación positiva entre la fertilización nitrogenada y el vigor de los árboles (Monge et al. 2002-a).

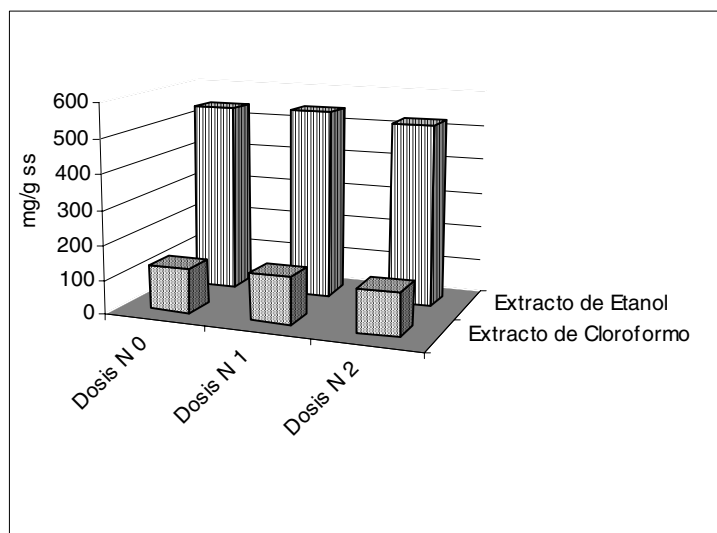
Por otra parte, los resultados mostrados en la tabla 1 también indican que las diferentes dosis de abonado no afectan a la vecería, ya que mientras en la variedad Empeltre mostró alternancia durante los tres años de ensayo en la Arbequina hubo cosecha durante los tres años (Monge et al. 2003-a).

Entre el contenido de nutrientes en hoja y en tallo (muestras tomadas en julio), se ha encontrado una correlación entre el nitrógeno en hoja y el fósforo en tallo, así como entre el calcio en tallo y en hoja, ambas significativas al nivel 0.01. Por otra parte también se han analizado las correlaciones entre los niveles de nutrientes en hojas y en la pulpa del fruto (datos no publicados).

### **Estudio de la composición de extractos orgánicos y polifenoles en hojas y frutos**

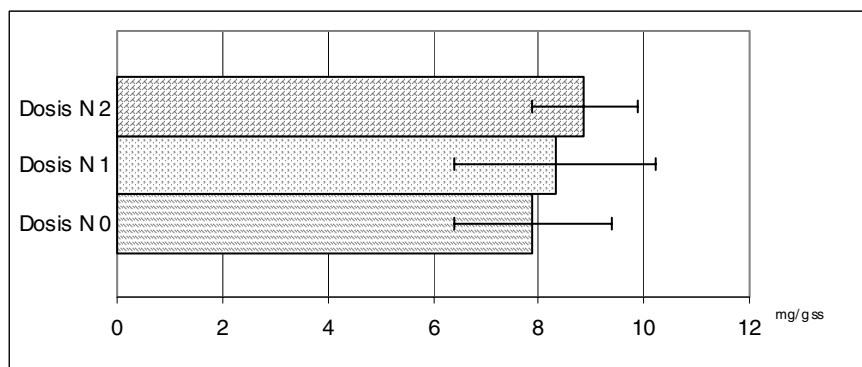
Los resultados obtenidos en los dos ensayos aportan una primera información sobre el contenido de extractos orgánicos, polares y no polares, en las hojas y frutos de ambas variedades, así como de su contenido en compuestos fenólicos.

La figura 2 representa el contenido medio en extracto de cloroformo y etanol en las hojas de la variedad Empeltre en julio de 2001. Los datos ponen de manifiesto que, hasta la fecha, no existen diferencias significativas entre los árboles abonados con distintas dosis de nitrógeno.



**Figura 2.** Contenido medio en extractos orgánicos en hojas de julio. Variedad Empeltre.

Los árboles abonados con la dosis N-2, presentan en las hojas contenidos fenólicos menores que los de las dosis N-0 y N-1; ésta es una tendencia que también se ha observado en otras especies vegetales (Alcubilla et al. 2002-b). Expresados en oleuropeina (principal compuesto fenólico en hojas y frutos de olivo) los valores medios son: N-0 = 42,4; N-1= 47,2 y N-2 = 37,1mg/g ss



**Figura 3.** Contenido medio de la pulpa de aceituna en fenoles totales (referidos a ácido gálico) según dosis de abonado. Variedad Empeltre.



En la pulpa de aceituna, los extractos de hexano y agua representan por término medio 40 y 120 mg/g ss respectivamente, sin diferencias significativas con las dosis de abonado. El contenido medio en fenoles totales (referidos a ácido gálico) está representado en la figura 2.

Si se expresan en oleuropeína, los correspondientes valores son: N-0 = 20,9; N-1= 21,7 y N-2 = 23,6 mg/g ss, contenidos muy similares entre si; la variación individual entre los árboles es elevada, lo que conduce a unos valores relativamente altos de la desviación estándar.

Los valores de la variedad Arbequina son de un orden de magnitud muy similar; no encontrándose tampoco diferencias significativas entre las dosis de abonado.

### Análisis de diversos parámetros de calidad del aceite

En ambas variedades se han analizado, durante los tres años de ensayo, distintos parámetros de calidad del aceite extraído. Así se ha determinado: el rendimiento graso (Abencor en frío), tasa de polifenoles (Polife), grado de acidez ( $^{\circ}\text{Ac}$ ), cantidad total de hidroperóxidos formados (Px), productos de oxidación secundarios ( $\text{K}_{270}$ ), hidroperóxidos conjugados ( $\text{K}_{232}$ ) y los ácidos grasos C16:0, C16:1, C17:0, C17:1, C18:0, C18:1, C18:2, C18:3, C20:0, C20:1, C22:0, C24:0.

Los resultados, en general, apuntan a que la calidad del aceite no se ve afectada, hasta ahora, por un aporte variable de nitrógeno; lo que sí muestran es una variación del contenido de polifenoles, pero que debería relacionarse con el índice de madurez en el momento de la recolección.

**Tabla 2.** Correlaciones entre nutrientes en hoja ( julio) y los parámetros de calidad del aceite (nº muestras/ensayo =12).

		Abencor	Polife.	$^{\circ}\text{Ac}$ .	Px	$\text{K}_{270}$	$\text{K}_{232}$
% N	C. Pearson			-0,69*			
	Sig. (bilateral)			0,01			
% K	C. Pearson						-0,63*
	Sig. (bilateral)						0,03
$\mu\text{g/g}$ Fe	C. Pearson	-0,68*	-0,65*		-0,72**	-0,81**	
	Sig. (bilateral)	0,02	0,02		0,01	0,00	
$\mu\text{g/g}$ Zn	C. Pearson				0,60*		
	Sig. (bilateral)				0,04		

En la tabla 2 se exponen únicamente las correlaciones significativas encontradas entre los parámetros de calidad del aceite analizados y los nutrientes en hoja. No se encontró ninguna correlación significativa entre los nutrientes y los ácidos grasos

estudiados. Es de destacar la significación existente entre el hierro y los peróxidos (Px), así como  $K_{270}$ , que son significativas al nivel del 99 %. Esta característica del hierro podría no ser ajena al papel oxidante-reductor que juega este elemento en muchos sistemas celulares. Estas correlaciones deben ser confirmadas en experimentos posteriores, ya que los resultados se pueden ver influenciados por el grado de madurez del fruto.

## **CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos hasta la fecha, responden plenamente al primer objetivo específico que nos habíamos propuesto con estos estudios: la caracterización de las variedades Empeltre y Arbequina en plantaciones jóvenes en regadío en lo que respecta a los suelos, la nutrición mineral, la composición en extractos orgánicos y compuestos fenólicos en hojas y frutos y a la calidad del aceite.

El análisis foliar demuestra que todos los niveles de los minerales analizados se encuentran dentro del rango de suficiencia y que no hay una respuesta en los niveles de elementos en hojas a un exceso de fertilización nitrogenada.

No se han observado casos de sinergia o antagonismo entre el nitrógeno y el resto de nutrientes como respuesta a un exceso de fertilización nitrogenada, salvo con el cobre en la variedad Empeltre y con el calcio en la Arbequina.

Los contenidos en extractos polares y apolares, así como en compuestos fenólicos de hojas y frutos, tampoco han experimentado diferencias significativas entre las dosis de abonado.

Los resultados sobre la calidad del aceite demuestran que la misma no se ve afectada, hasta ahora, por un aporte variable de nitrógeno.

Se ha podido constatar que el exceso de nitrógeno no conduce, en la variedad Arbequina, ni a un aumento de producción, ni a un mayor vigor del olivo, mientras en la variedad Empeltre hay una relación positiva entre la fertilización nitrogenada y el vigor de los árboles.

En cuanto al objetivo segundo objetivo, sobre las relaciones entre los parámetros estudiados podemos afirmar que:

1. El contenido de nitrógeno en hoja está negativamente relacionado con el grado de acidez.
2. El contenido en hierro foliar muestra una correlación negativa con el nivel de polifenoles y peróxidos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido subvencionado por el MAPA con el Programa de Mejora de la Calidad de la Producción de Aceite de Oliva, proyecto CAO99-020-C2-0-1 y 0-2 y por el Gobierno de Aragón con el Proyecto I+D con referencias P29/97 I.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCUBILLA, M., BROCA, A., SÁEZ, E., ROMERO M. A. Y A. I. NEGUERUELA. (SUBPROYECTO 1). MONGE, E., VAL, J., ESPADA, J. L., GRACIA, M. S., BETRAN J. (Subproyecto 2) (2002-a). Medio agrológico y calidad del aceite de oliva en Aragón: Relaciones entre el estado nutricional del olivo y su composición polifenólica." In: Jornadas de Investigación y transferencia de tecnología al sector oleícola. pp:320-324. Ed. Junta de Andalucía. Córdoba.

ALCUBILLA, M., GRACIA, M. S., ROMERO M. A., ESPADA, J. L., BETRÁN, J. Y E. MONGE (2002-b). Fertilización nitrogenada en el olivo cv. Empeltre II.- Composición polifenólica de hojas y frutos y calidad del aceite. Comunicaciones al IX Simposio Ibérico sobre nutrición mineral de las plantas. Zaragoza (España). pp.: 243-246. Institución Fernando el Católico. Zaragoza.

C.I.I. -Comité Inter-Institutos para el estudio de técnicas analíticas- (1996). Métodos de referencia para la determinación de elementos minerales en vegetales. Anales de Edafología y Agrobiología, 403-417.

ESPADA, J. L. (2003). La plantación de olivos en alta densidad con la variedad "Arbequina". Gobierno de Aragón (Departamento de Agricultura) y Unión Europea (Fondo Europeo de Orientación y de Garantía Agrícola). 67 pp. (Z. 1345-2003).

FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. (2001). La fertilización En "El cultivo del olivo". Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. (Eds.). 4ª Ed. Coedición Junta de Andalucía - Mundiprensa. Madrid.

FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. Y SÁNCHEZ, M. A. (2001). El efecto de la sobrefertilización nitrogenada en el cultivo del olivo y en la calidad del aceite. V. Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas.

GRACIA, M. S. (2001). Composición química de distintas calidades de aceites de oliva virgen de la variedad "Empeltre" en el Bajo Aragón. Grasas y Aceites 52, 52-58.

JONES, B. JR., (1994). Plant Nutrition Manual. Micro-Macro Publishing Inc., Athens (GA). U.S.A.

JONES, B. JR., WOLF, B. Y MILLS H. A. (1991). Tables of interpretative values, pp:162. En: Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing, Athens. Georgia 30607. USA

MONGE, E., ESPADA, J. L., VAL, J., BETRÁN, J., GRACIA, M. S. Y M. ALCUBILLA. (2002-a). Fertilización nitrogenada en el olivo cv. Empeltre I.- Contenido en nutrientes y crecimiento del árbol. Comunicaciones al IX Simposio Ibérico sobre nutrición mineral de las plantas. Zaragoza (España). pp.: 171-174. Institución Fernando el Católico. Zaragoza.

MONGE, E., ESPADA, J. L., VAL, J., ORÚS, F., BETRÁN, J., GRACIA M. S. Y M. ALCUBILLA. (2002-b). Efectos del abonado nitrogenado en el comportamiento agronómico del olivo cv. Arbequina." Comunicaciones al IX Simposio Ibérico sobre nutrición mineral de las plantas. Zaragoza (España). pp: 175-182. Institución Fernando el Católico. Zaragoza.

MONGE, E., ESPADA J. L. Y VAL J. (2003-a). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción y vecería en olivares jóvenes (Empeltre y Arbequina). Actas de Horticultura 39. 315-317.

MONGE, E., VAL, J., GRACIA, M. S. Y ESPADA, J. L. (2003-b). Respuesta al abonado nitrogenado de un olivar de cv. Arbequina en alta densidad. En Actas del I<sup>er</sup> Congreso Iberoamericano de Nutrición Vegetal. pp: 140-142. Agrolatino. Barcelona.

PINTA, M. Y DEWELE, G. (1975). Etalons végétaux pour l'analyse foliaire.. En: Le contrôle de l'alimentation des plantes cultivées, pp 159-172. (Kozma, P. Ed.) Akademiai Kiado. Budapest.

ROMERO M. A. (2004). Tesis Doctoral en tramitación. Universidad de Zaragoza.

VÁZQUEZ RONCERO, A., JANER DEL VALLE, C. Y JANER DEL VALLE, L. (1973). Determinación de los polifenoles totales en aceite de oliva. Grasas y Aceites, 24, 350-357.