

DISTRIBUCIÓN EN EL BULBO HÚMEDO DE LOS NUTRIENTES APLICADOS EN FERTIRRIEGO EN OLIVAR

G. Baena¹, R. Ordóñez¹, M. Pastor¹ y P. González¹

¹Departamento de Suelos y Riegos, CIFA Alameda del Obispo, Córdoba, España. gema.baena.ext@juntadeandalucia.es

RESUMEN. La agricultura se dirige hacia condiciones de cultivo cada vez más controladas y racionales con el fin de aumentar los rendimientos de los insumos respecto a la producción. La fertirrigación en el olivar posibilita un mayor control del agua y los nutrientes, ya que permite simultanear las exportaciones periódicas que realiza el cultivo con los aportes de nutrientes y agua, sus efectos quedan limitados a una zona, bulbo húmedo, donde el contenido de agua facilita su absorción y la de todos los elementos nutritivos.

El objetivo de este estudio es determinar la distribución de los elementos aportados con el abonado en el bulbo húmedo y optimizar a medio y largo plazo el abonado nitrogenado en un olivar fertirrigado.

En una parcela de olivar se aplicaron diferentes tratamientos en los que a una idéntica cantidad de abonado P-K se añadieron distintas dosis de N (0, 83, 165, 248, 496 g x olivo⁻¹ x año⁻¹), durante todo el episodio de riego se aplicaba la solución nutritiva. Tras un año de aplicación se tomaron muestras a distintas profundidades y distancias respecto del punto emisor de la solución nutritiva, tratando de muestrear zonas representativas de la totalidad del volumen del bulbo.

El análisis de la distribución del nitrógeno nítrico y el fósforo disponible, muestra que si bien la concentración del N en los primeros centímetros del perfil es mayor en aquellos bulbos en los que la dosis de nitrógeno aplicado es más alta, el patrón de lavado del anión en el perfil ha sido semejante para los distintos tratamientos considerados, presentando valores similares de nitratos en la zona radicular del cultivo.

El tratamiento de 248 g N· olivo⁻¹ ·año⁻¹ parece el más adecuado, ya que siempre se encuentran en el suelo niveles no limitantes para la producción y no afecta el medio ambiente.

ABSTRACT. Fertirrigation in olive trees increase the control of water and nutrients, combining the plant uptakes with the irrigation and fertilization, its effects is mainly located in the humid bulb, where water increase the efficiency of nutrient uptake. The objective of this study was to determine the nutrient distribution in the humid bulb of the applied fertilizers. In a parcel of olive trees

different doses of nitrogen fertilization were applied and the same amount of P and K in all the treatments. After a year of treatment samples to different depths and distances were taken respect to the emitting point of the nutritious solution, occupying all the volume of the bulb. The analysis of the soil nutrients distribution shows similar behaviors in all the treatments, presenting values sufficient of N-P-K in the radicular zone for the culture. The distribution analysis shows higger levels of N in the top of the soil for those treatments that applied higger N doses , all of them shows similar distribution and levels in the radicular zone. The dose of 248 g N· olive⁻¹ · year⁻¹ seems the most adjust treatment to assure the development of the tree and be respectful with the enviroment.

1. Introducción

La importancia del cultivo del olivar en España, y especialmente en Andalucía, región en la que se produce más del 70% del aceite de oliva español, hace que sobre este cultivo se estén aplicando y desarrollando tecnologías para mejorar su manejo y producción. Así, aunque ha sido considerado tradicionalmente como un cultivo de secano, su respuesta al riego ha quedado demostrada en diversos trabajos, en la actualidad es el primer cultivo en regadío de la región, con una superficie regada de más de 230.193 ha (CAP, 2000). La limitación de agua que suele haber en sus zonas de cultivo hacen que el manejo del riego deba ser lo más eficiente posible y por ello el riego localizado por goteo es el más utilizado. El riego hace que aumenten las producciones, con lo que se incrementa la demanda de nutrientes del cultivo, el cálculo de las dosis adecuadas de abonado requiere un conocimiento de las necesidades del cultivo, además de conocer la capacidad del suelo para suministrarlos o interferir con el abonado y los aportes que realiza el agua de riego, que según las zonas y sus características pueden ser considerables.

La fertirrigación permite dosificar el abonado permitiendo una mayor eficiencia tanto en el uso del agua como de los fertilizantes, al mantener la fertilidad del suelo en la zona de mayor actividad radical. Las buenas condiciones de humedad que se dan en el bulbo de riego alargan el periodo

de máxima actividad de las raíces (Fernández et al., 1992) y favorecen la disolución y asimilación de los fertilizantes.

El nitrógeno es el elemento que produce una respuesta en el árbol más evidente, acelerando la vida vegetativa, el desarrollo de la planta, e induciendo generalmente un aumento de la producción (Ferreira et al., 1986; Troncoso et al., 1997). Es el nutriente más rentable en la fertilización del olivar por lo que suelen aplicarse cantidades superiores a las necesidades, tratando de evitar de este modo el riesgo que puede suponer un déficit, sin tener presente en muchos casos cual sería la dosis adecuada o el manejo óptimo del nitrógeno en el abonado y las repercusiones medioambientales que su uso excesivo conlleva.

Las extracciones de fósforo y potasio también son importantes y necesarias a tener en cuenta a la hora de considerar la reposición de nutrientes captados por la planta (Pastor et al., 1998).

2. Material y métodos

Los datos de este trabajo se obtuvieron en una parcela de ensayo situada en la campiña cordobesa. Las características del suelo en relación a la fertirrigación y los datos que nos proporcionan los análisis del mismo, tienen una importancia relativa a la hora de programar este sistema de riego, ya que altas concentraciones de un elemento no significa que esté en la forma disponible para las plantas.

Tabla 1. Características físico-químicas del suelo.

Profundidad cm	Textura			pH H ₂ O
	Arena %	Limo %	Arcilla %	
0-15	22,4	42,3	35,2	8,4
15-30	23,3	42,7	34,0	8,4
30-45	23,8	40,0	37,0	8,5
45-60	24,9	41,5	33,6	8,5

Profundidad cm	CIC mmol _c /kg	CO ₃ Ca %	M.O. %	P disp. mg/kg	K disp. mg/kg
15-30	245	63,9	1,3	13	353
30-45	233	51,6	0,9	10	197
45-60	206	44,3	0,7	8	128

Además, el volumen de suelo explorado por las raíces es limitado y los niveles iniciales del suelo bajan debido a las extracciones del cultivo. Los olivos son de la variedad "Picual", con un marco de plantación de 7 x 6 m. Se trataba de una plantación en crecimiento, los olivos tenían 5 años, por lo que se han planteado dosis de abonado dinámicas, que permiten restituir los elementos que la planta extrae del suelo, y corregir posibles deficiencias o excesos de nutrientes, cuando fuera necesario, de modo que anualmente se modifiquen en función de la capacidad productiva de la plantación. Esta capacidad se ha determinado empleando el modelo de interceptación de radiación simplificado propuesto por Mariscal (1998), en el que para una determinada zona la producción es función

del tamaño de los árboles (diámetro de copa) y de la densidad de la plantación.

Por otro lado, según los trabajos recopilados por Ferreira et al. (1998) las extracciones medias de N por la cosecha y crecimiento de los árboles podrían evaluarse en unos 15 kg de N por tonelada de aceitunas con el 20% de rendimiento graso. Aplicando estos dos conceptos y una vez conocido el volumen de copa y la capacidad productiva del olivar, se calculó el valor de la dosis adecuada de nitrógeno a aplicar (Tabla 2) y se plantearon los siguientes tratamientos de abonado.

Tabla 2. Tratamientos realizados.

Tratamiento	Dosis de N g/ol *año	Dosis de P ₂ O ₅ g/ol*año	Dosis de K ₂ O g/ol*año
Control	0	88	216
N/3	83	88	216
2N/3	165	88	216
N	248	88	216
2N	496	88	216

Los fertilizantes empleados fueron: nitrato amónico, cloruro potásico y ácido fosfórico, ya que la aplicación directa de fertilizantes a través del sistema de riego exige el uso de fertilizantes solubles. Los cinco tratamientos se distribuyeron en 4 bloques al azar. En cada bloque había 5 filas de 6 árboles, de los que sólo se consideraban los 4 árboles centrales, aportándose idéntica cantidad de abono a cada uno de los 6 olivos de la misma fila. Cada tratamiento que recibe agua a presión, está dotado de una instalación de riego por goteo independiente, que posee un inyector de fertilizante (bomba de membrana) y el correspondiente equipo de filtrado, además de un tanque de polietileno para almacenar la solución nutritiva.

El agua de riego cuya dosis se ha calculado en función de la ET_c, aplicando la metodología de la FAO, proviene de pozos ubicados en la finca. Toda el agua se almacena en un embalse que aporta la cantidad necesaria para el riego del ensayo. Las características de este agua de riego se controlaron quincenalmente para evaluar su calidad y la evolución temporal de sus componentes, los aportes que realiza de nitratos y otros elementos, ya que puede suministrar una parte de las necesidades de abonado de la plantación. La cantidad total de agua aportada durante el periodo de riego fue de 3936 l · olivo⁻¹. Para asegurar que esa cantidad de agua aplicada no producía un lavado excesivo y por tanto una pérdida por lixiviación de nitrógeno, se controlaba la profundidad del bulbo de riego con sondas de humedad, FDR (modelo Diviner 2000)

La evolución de los nutrientes en el bulbo en una campaña se obtuvo muestreando una serie de bulbos antes del inicio de la campaña (6) y al final, realizando los muestreos a distintas profundidades (0, 20, 60, 80 cm) y distancias (0, 20, 40, 60 cm) con respecto al gotero y para todos los tratamientos en varias repeticiones (6 bulbos para cada tratamiento).

La determinación en el suelo del nitrógeno nítrico, el fósforo extraído con bicarbonato sódico y el potasio extraído con acetato amónico se realizó siguiendo los métodos descritos por Sparks et al. (1996).

El análisis estadístico de los datos se realizó empleando el programa SPSS.

3. Resultados

La Tabla 1 muestra las características que presentaba el suelo de la finca. Son suelos ligeramente alcalinos, con un contenido en materia orgánica bajo, porcentaje muy alto de carbonatos, niveles de P disponible relativamente bajos y altos de K, según la clasificación proporcionada por Pastor et al. (1998) para los niveles de los parámetros analíticos de suelo. La Fig. 1 muestra la concentración de nitratos en el bulbo húmedo para los distintos tratamientos considerados tras una campaña con los tratamientos.

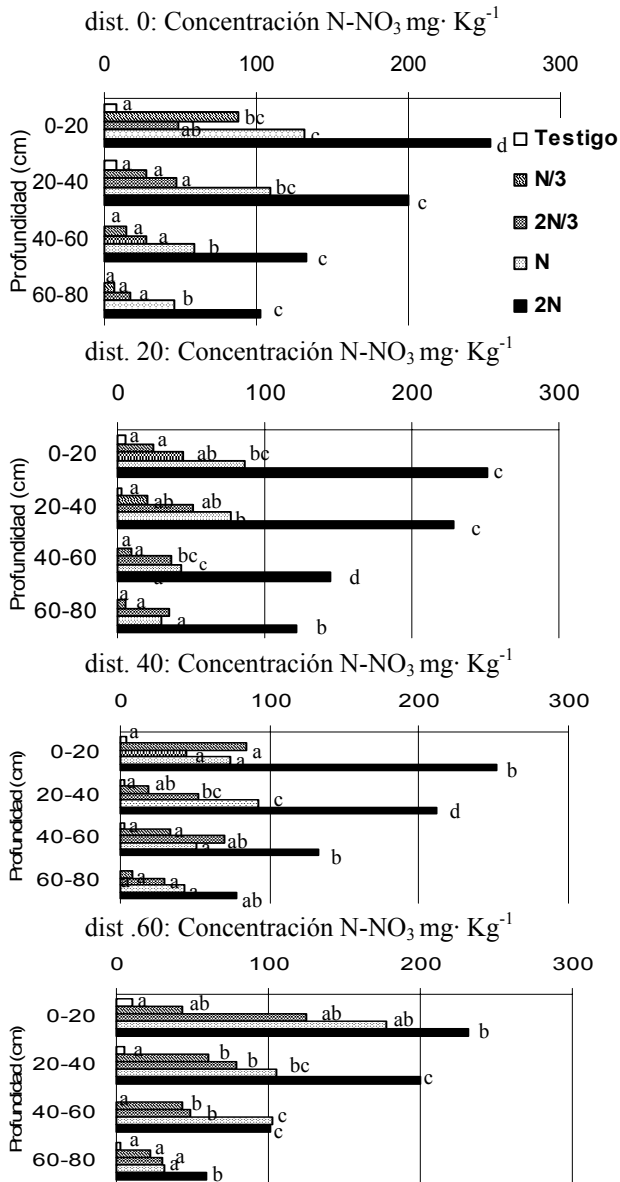


Fig. 1. Niveles de N nítrico en el perfil de suelo a distintas distancias (cm) y profundidades del punto emisor de la solución nutritiva tras una campaña con los tratamientos.

Letras distintas representan diferencias significativas entre los tratamientos en ese punto y a esa profundidad, según el Test de Tukey al 0,05 % de significación.

La Fig.2 representa la concentración de fósforo disponible en la zona del bulbo húmedo y para los distintos tratamientos considerados en el ensayo tras una campaña con los tratamientos.

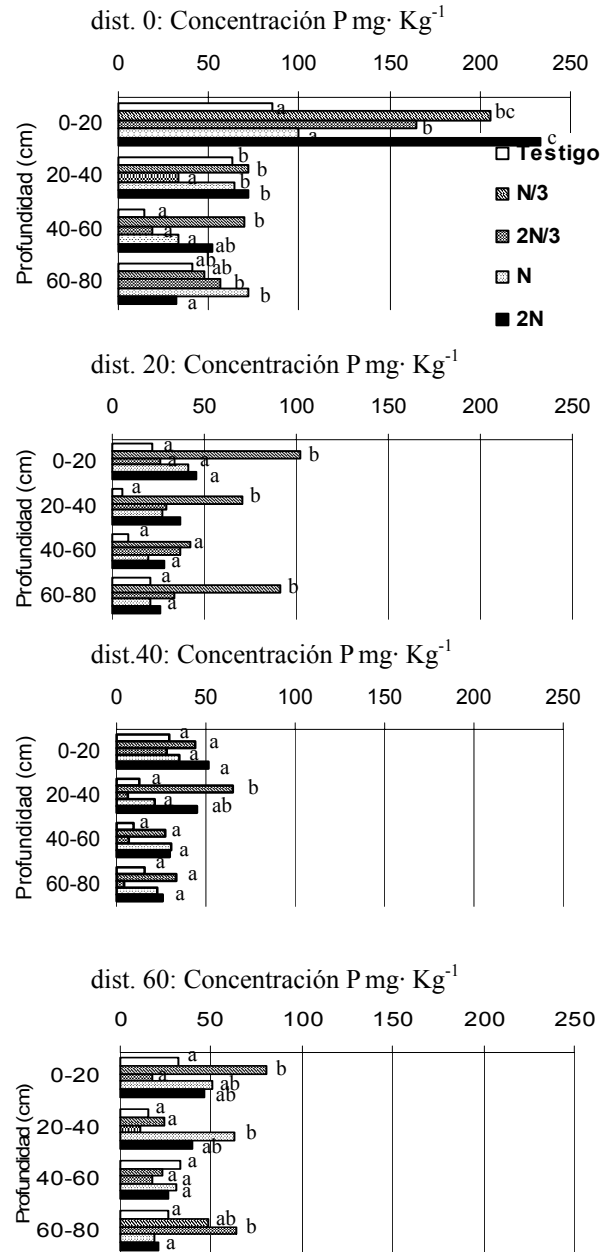


Fig. 2. Niveles de P en el perfil de suelo a distintas distancias (cm) y profundidades del punto emisor de la solución nutritiva tras una campaña con los tratamientos. Letras distintas representan diferencias significativas entre los tratamientos en ese punto y a esa profundidad, según el Test de Tukey al 0,05 % de significación.

Por último, la Fig.3 muestra los valores estimados en las distintas muestras del suelo recogidas en la zona del bulbo húmedo y para las distintas dosis de N ensayadas tras una campaña con los tratamientos.

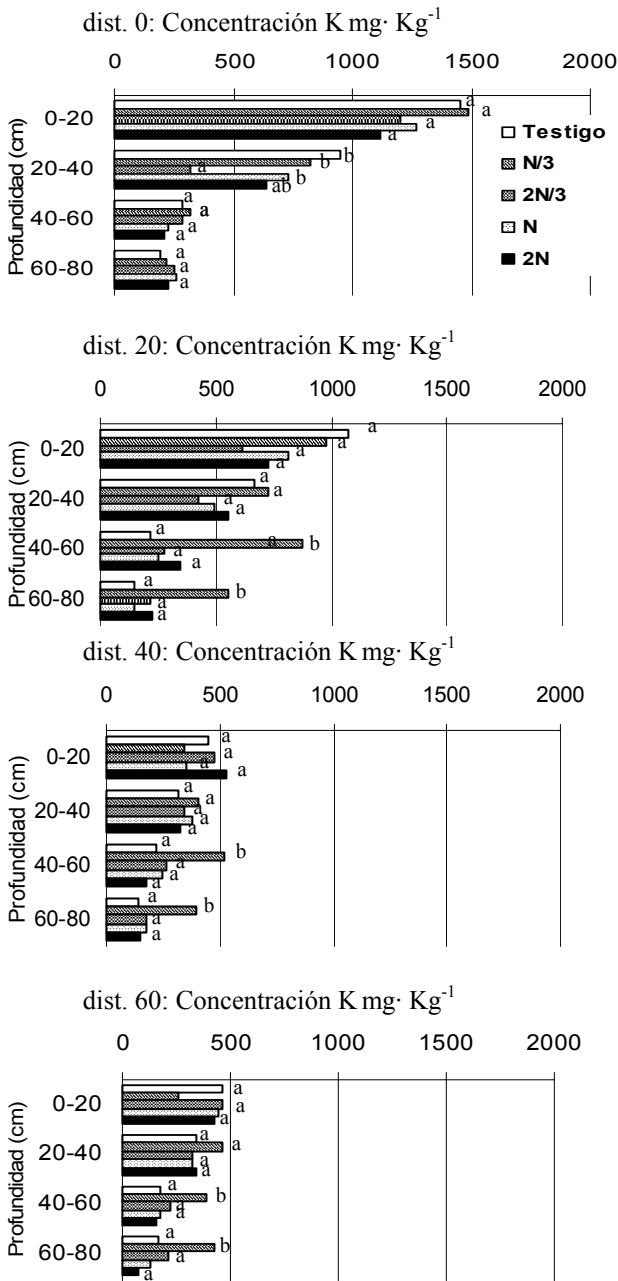


Fig. 3. Niveles de K en el perfil de suelo a distintas distancias (cm) y profundidades del punto emisor de la solución nutritiva tras una campaña con los tratamientos. Letras distintas representan diferencias significativas entre los tratamientos en ese punto y a esa profundidad, según el Test de Tukey al 0,05 % de significación.

El análisis estadístico de los distintos tratamientos sobre los niveles que encontramos en suelo a las distintas distancias y profundidades consideradas muestran diferencias significativas en las interacciones tal como se refleja en la tabla 3.

Tabla 3. Pruebas de los efectos inter-sujetos en el análisis estadístico, para todos los factores del ensayo, s: efecto significativo <0.005; ns: no significativo > 0.05.

	Trat	Dist	Prof	Trat* dist	Trat* prof	Dist* prof	Trat*dist* prof
NO	s	ns	s	ns	s	ns	ns
³ NH	s	ns	ns	ns	ns	ns	ns
⁴ P	s	s	ns	ns	ns	ns	ns
K	s	s	s	ns	s	ns	ns

Los análisis periódicos del agua indican que se trata de un agua de facies clorurada sódica con un pH ligeramente alcalino, un contenido en sales de alrededor de 2 dS m⁻¹ y una concentración media de 20,6 mg N-NO₃ l⁻¹ (media de las medidas realizadas de Marzo a Octubre).

4. Discusión

Los iones fosfato son fijados, en mayor o menor grado, por el complejo arcillo-húmico. Las pérdidas por lavado son casi nulas para el fósforo, por lo que los mayores niveles de concentración aparecen en las proximidades del emisor (Fig. 2). La movilidad del fósforo y el potasio es mayor cuando son aplicados en fertirrigación (Neilsen et al., 1999), si bien algunos autores como Domínguez (1993) y Pastor et al., (2001) han estimado movimientos de este elemento de aproximadamente 20 ó 30 cm tanto en sentido vertical como horizontal. Aunque hay diferencias significativas entre los niveles que presentan los distintos tratamientos en las diferentes distancias y profundidades muestreadas, en la zona de mayor concentración de raíces (profundidades de 20 a 60 cm) los valores de este elemento siempre están por encima de los requerimientos del cultivo, lo que indica la disponibilidad del mismo a lo largo del ciclo de cultivo. En los tratamientos que aportan mas cantidad de nitrógeno (tratamientos N y 2N) no hay diferencias significativas, mientras que en los tratamientos que aportan dosis más bajas (N/3) se aprecia un comportamiento diferente al resto. Posiblemente los bajos valores de N aportado limiten las necesidades del olivo, por lo que toma menos P y por eso en el suelo los niveles son más altos que en el resto de los tratamientos. La distribución indica un lento movimiento del abono fosforado.

El potasio es menos móvil que el nitrógeno pero bastante más móvil que el fósforo, su mal manejo puede provocar desplazamiento del mismo hacia los bordes del bulbo y en profundidad. En el caso del potasio indicar que los valores más altos de este elemento se detectan en el punto más próximo al emisor y en los primeros centímetros de profundidad (Fig. 3). Se observa un cierto desplazamiento en el perfil del catión en las muestras tomadas de 0 a 20 cm del gotero, efecto que no se aprecia en los puntos más distantes del mismo. Hacer notar que al igual que ocurriera con el fósforo, el tratamiento n/3 es el que presenta, en general, los valores más altos independientemente de la distancia al emisor y la profundidad considerada.

El comportamiento del N-NO₃ en los bulbos responde a la alta movilidad del N con el agua, así las mayores concentraciones aparecen en superficie y bajo el gotero (Fig. 1). Los niveles son distintos correspondiendo los más altos a los tratamientos a los que se fertilizó con dosis mayores. El tratamiento 2N muestra concentraciones significativamente superiores en todos los puntos, sin que las extracciones del cultivo sean suficientes para bajar los niveles de este anión. Los valores tan altos al final del ciclo de cultivo serán lavados con las primeras lluvias y se perderán para el ciclo de cultivo siguiente. Este hecho supone tanto una pérdida económica como ecológica, ya que la lixiviación de nitratos por debajo de la zona radicular, incrementará la concentración de este anión en los acuíferos subterráneos deteriorando la calidad de sus aguas (Ordóñez et al., 1997).

En el tratamiento N los niveles son suficientes para responder a los requerimientos del cultivo, no ha habido deficiencias, aunque parece que agota los niveles de N nítrico. En la zona de actividad radicular muestra que las extracciones retiran de todo el bulbo el N, tanto en profundidad como lateralmente en toda la zona de actividad radicular (Fig. 1). Sin embargo, en profundidad los niveles no son significativamente superiores a los otros tratamientos, en los que se aplicó menos cantidad de N, lo que muestra que la cantidad aportada no llega a pasar de la zona radicular. Los niveles que presentan los otros tratamientos si pueden provocar deficiencias en el desarrollo del cultivo, por lo que no serían recomendables.

5. Conclusiones

El comportamiento del N en el ensayo considerado no parece justificar el uso de dosis superiores a las calculadas en el programa de riego atendiendo a la capacidad productiva del olivar, ya que encontramos cantidades suficientes de N nítrico remanente en los bulbos que reciben esa dosis y niveles excesivos en el tratamiento 2N, que pueden ser lavados y perdidos para el cultivo y contaminar las aguas subterráneas.

Los distintos tratamientos considerados no sólo influyen en la dinámica del nitrógeno en el suelo si no que su efecto se hace notar también en los niveles de P y K.

Agradecimientos. Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto CAO 01-015 en el Departamento de suelos y riegos del C.I.F.A. de Córdoba.

Referencias

- CAP, 2000. *Inventario y caracterización de los regadíos de Andalucía*.
 Domínguez Vivancos, A., 1993. *Fertirrigación*. Ed. Mundi prensa, Madrid.
 Ferreira, J., García Ortiz, A., Frias, L., Fernández, A., 1986. *Los nutrientes N-P-K en la fertilización del olivar*. *OLEA* 17: 141-152.
 Fernandez et al., 1992. *A olive tree root dynamics under different soil-water regimes*. *Agricultura Mediterránea*, 122:225-284.
 Mariscal, M. J., 1998. *Intercepción de radiación y acumulación de biomasa por cubiertas de olivo*. Tesis Doctoral. E.T.S.I.A.M. Universidad de Córdoba.
 Moreno, F., Fernández, J. E., Clothier, B. E., Green, S. R., 1996. *Transpiration and root water uptake by olive trees*. *Plant and soil* 184: 85-96.
 Neilsen, G. H., Neilsen, D., Peryea, F., 1999. *Response of soil and irrigated fruit trees to fertirrigation or broadcast application of nitrogen, phosphorus, and potassium*. *Hortecology* 9 (3): 393-401.
 Ordóñez, R., González, P. y Giráldez, J.V., 1997. *Deterioro de la calidad nitrata de los acuíferos de una cuenca agrícola en el valle del Guadalquivir*. *Actas del XV Congreso nacional de Riegos, Lérida*, 302-309.
 Pastor, M., Orgaz, F., Vega, V., Hidalgo, J., Castro, J., 1998. *Programación de Riego*. En: *Programación de riego y de la fertilización en olivares de la provincia de Jaén*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. *Informaciones técnicas* 49/98.
 Pastor, M., Castro, J., Mariscal, M.J., Vega, V., Orgaz, F., Fereres, E., Hidalgo, J., 1999. *Respuestas del olivar tradicional a diferentes estrategias y dosis de agua de riego*. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* Vol. 14 (3).
 Pastor, M., Vega, V., 2001. *Fertilización del olivar regado por goteo*. en: *Programación de riegos en olivar*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
 Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltampour, P. N., Tabai, M. A., Johnston, C. T. y Summer, M. E., 1996. *Methods of soil analysis, Part 3, Chemical methods* Agron. n° 5, 3ª Edition. American Society of Agronomy, Madison, Wisc.
 Troncoso, A., Liñan, J., Cantos, M., Zárate, R., Laave, S., 1997. *Influencia de la fertirrigación con urea sobre la disponibilidad de N-NO₃ y el desarrollo del olivo*. *Fruticultura profesional*, 88: 83-87.

