

■ Nutrición PK del aguacate. Conclusión de un experimento de 40 años

E. Guirado¹, J.M. Hermoso², J.M. Farré³

¹. Almuñécar. Granada. España

². IHSM-La Mayora-UMA-CSIC. Málaga. España

³. CIFA de Málaga. Málaga. España

RESUMEN

Se continuaron en los mismos árboles, entre 30 y 40 años de edad, los estudios realizados en uno de los ensayos incluidos en Hermoso et al. (2003). En esta segunda parte del ensayo se aplicaron Zn, B y Cu a todos los árboles para evitar posibles deficiencias. El diseño era en bloques al azar con 4 bloques y 4 árboles por parcela elemental. Los tratamientos eran P0 K0 (testigo sin P ni K), P0 K1 (47.1 kg de K₂O. ha-1año-1), P1 K0 (47.5 kg de P₂O₅.ha-1año-1) y P1 K1 (P + K a iguales dosis).

En los últimos 10 años, con los siguientes contenidos medios en lámina de hoja

P0 - .115 % P	K0 - .55 % K
P1 - .130 % P	K1 - .77 % K

no se ha registrado diferencia alguna entre los tratamientos en cosecha, productividad ni número de frutos. Esto apoya la tesis, establecida por Hermoso et al. (2003), que las deficiencias de potasio se presentan solamente cuando los niveles de K en hoja se sitúan sistemáticamente por debajo de .5 %. Cuestionamos pues, para el aguacate Hass sobre portainjerto de raza mejicana, la recomendación de niveles en hoja superiores a .7 %. Elevados niveles de K podrían afectar negativamente a la relación Ca / K en el fruto y consecuentemente favorecer la aparición de fisiopatías o podrido, especialmente en postcosecha. El costo económico de las aplicaciones, como ha podido comprobarse en este ensayo, sería considerable. En un suelo pobre en P, y sin aplicaciones durante 40 años, se han mantenido estables los niveles de P en hoja.

Palabras clave: Hass, Crecimiento, Cosecha, Microelementos.

INTRODUCCIÓN

Se continuó, entre los 30 y 40 años de edad (de 2004 a 2013) un ensayo PK descrito en dos trabajos anteriores (Casado *et al.*, 1984 y Hermoso et al., 2003). El material era Hass/Topa Topa sobre suelo pizarroso muy pobre en P y K. Cuando en estos trabajos no se aplicaron fertilizantes específicos los contenidos en lámina foliar de B y Zn eran habitualmente inferiores a 20 ppm. El de Cu era de 4 – 5 ppm. Se considera que estos bajos contenidos podían haber inducido deficiencias sin síntomas (Embleton & Jones, 1966) en parte de estos ensayos anteriores. El objetivo del presente trabajo era doble:

Estudiar el efecto de los nutrientes P y K, solos ó en combinación, en aguacates adultos (30 a 40 años de edad).

Aplicar a todos los tratamientos Fe, Zn, B y Cu, elevando sus contenidos en lámina foliar con el fin de evitar posibles deficiencias latentes en los previos 29 años de ensayo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El suelo original del ensayo, muy pedregoso, con 66 % de arena + grava, 21 % de limo y 13 % de arcilla, era muy pobre en P (7 mg. 100 g de P₂O₅-1) y K (5 mg. 100 g de K₂O-1) (Casado et al., 1984). La única aportación extraordinaria en el transcurso del ensayo fue 40 t.ha-1 de bagazo de caña, tras la plantación, como empajado alrededor de los árboles. Ello aportó al suelo 4,8 kg.ha-1 de P y 30 kg.ha-1 de K tras su meteorización. Se aportaron de promedio anualmente a los K1 47,1 kg K₂O.ha-1 y a los P1 47,5 kg P₂O₅ .ha-1. Los testigos P0 K0 no recibían P ni K.

El diseño era en bloques al azar con 4 repeticiones y 4 árboles por parcela elemental. Tras un aclareo en 1986, la densidad era de 124 árboles por hectárea. Para facilitar la recogida, todos los árboles se rebajaron en 2004 a 3,5 – 4 m de altura sobre el suelo, lo que redujo el volumen de copa en un 75 – 80 por ciento.

Desde 1996 a 2002, dentro del ensayo anterior, se aplicó 0,43 kg B.ha-1.año-1 en forma de Solubor® (17,5 % B) con el agua de riego. Desde 2003 a 2012 se redujo a 0.33 kg de B.ha-1.año-1.

El Zn se aplicó en forma de SO₄ Zn a mano dentro de un círculo de 30 cm de radio alrededor de los pulverizadores de riego. Entre 2002 y 2011 se efectuaron 5 aplicaciones con una media de 11,7 kg.Zn.ha-1.aplicación-1.

El Cu se aplicó vía foliar en prefloración y (ó) post floración en 5 tratamientos entre 2003 y 2012 con 0,25 % de oxiclورو de Cu comercial (50 % Cu).

Se aplicaron un promedio de 48,4 kg.ha-1año-1 de N como NO₃ NH₄ en el agua de riego.

En 2003 los tratamientos P1 se aplicaron en invierno, como superfosfato cálcico, en la zona mojada por el riego. Desde 2004 a 2012 se aplicó como ácido fosfórico, diluido en agua a la superficie regada en dos aplicaciones por año (febrero – marzo y noviembre – diciembre). Los tratamientos K1

se aplicaron en invierno, como sulfato potásico, en la zona regada. Dado que el agua de riego era rica en CO_3H^- , Ca^{++} y Mg^{++} y los contenidos en hoja de Mn eran también elevados se aplicaron anualmente con el agua de riego 5 kg.ha⁻¹ de Ferrishell® (6 % Fe EDDHA) para prevenir clorosis férrica.

Cada otoño se analizaron láminas de hojas de primavera (Hermoso et al., 2003).

Se regó con pulverizadores fijos mojando aproximadamente el 11 % de la superficie. La tensión matricial en suelo medida con tensiómetros a 25 y 50 cm de profundidad se mantuvo mediante riego de alta frecuencia entre 0 y -20 kPa en verano y entre 0 y -50 kPa en invierno.

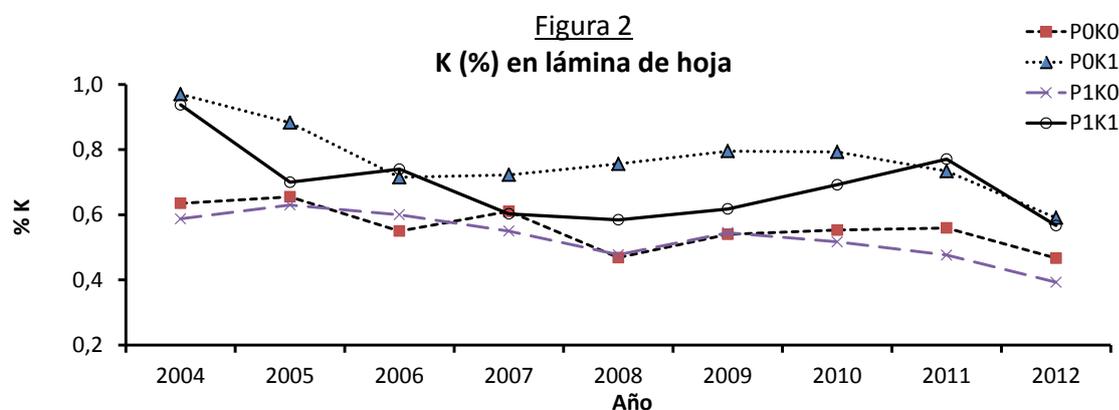
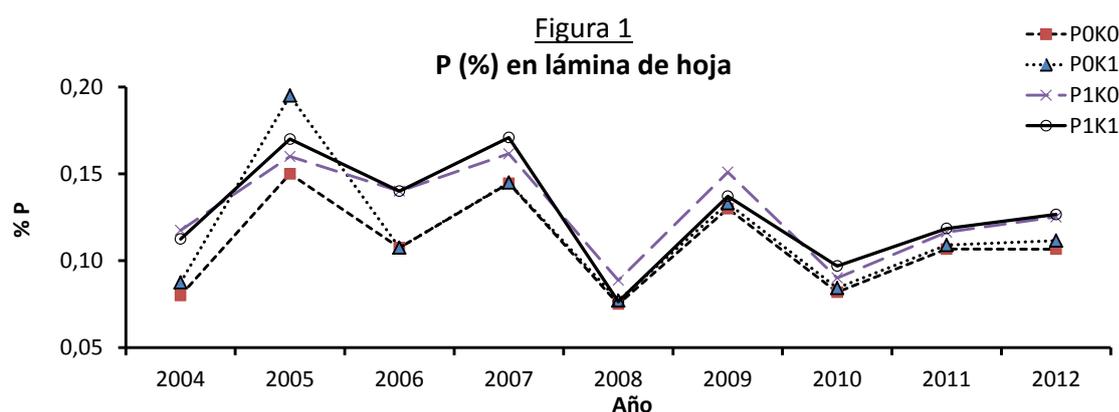
El suelo se mantuvo libre de yerba bajo los árboles aplicando herbicidas de contacto ó translocación interna (Simazina + Oxyfluorfen) hasta 2005. Posteriormente se dejó la cubierta natural exterior a la copa de los árboles, en la zona sin riego, cortándola 2 veces por año para facilitar el tránsito. Las pocas yerbas que crecían bajo la copa se cortaban con desbrozadora mecánica.

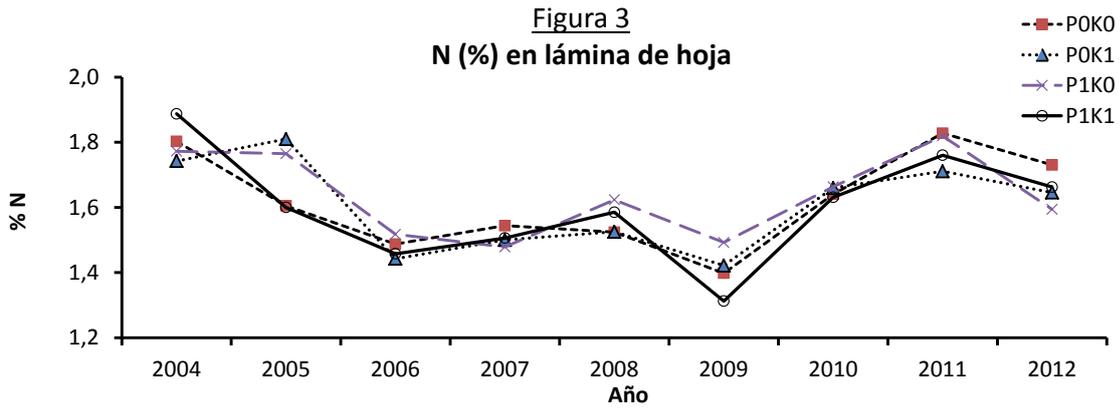
Anualmente se registraban el número de frutos y su peso por árbol (cosecha neta). Para estimar la cosecha potencial se incluían los frutos caídos al suelo en el periodo de invierno-primavera. La productividad se calculaba por unidad de sección de tronco medida a 25 cm de altura sobre el suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

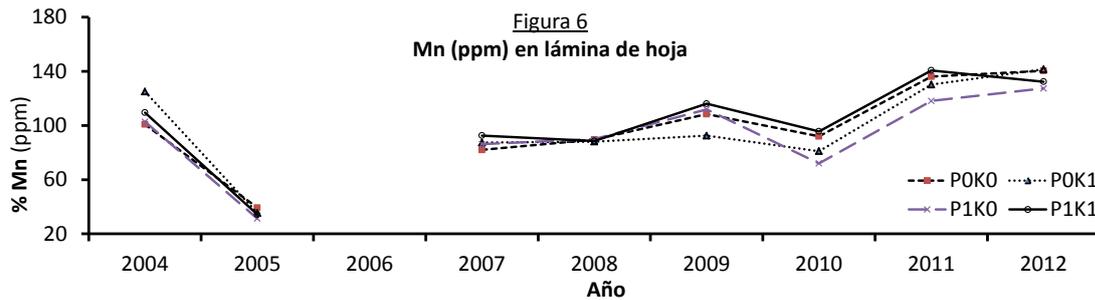
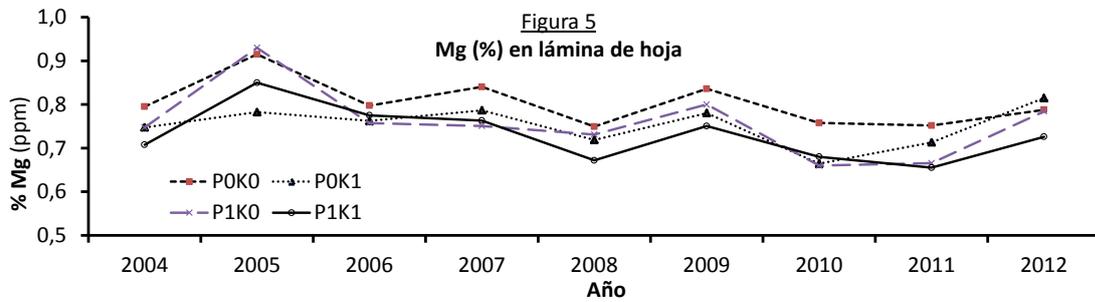
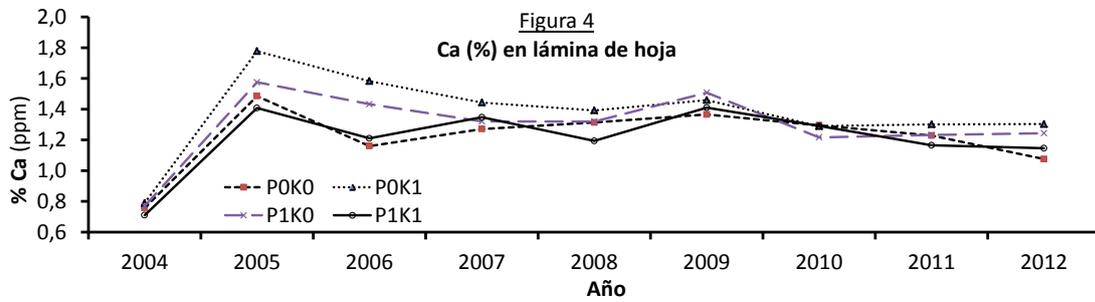
Los contenidos medios anuales en lámina de hoja de P, K, N, Ca, Mg, B, Zn y Cu se resumen en las Figuras 1 a 9. Las medias globales para el periodo 2004-2012 fueron:

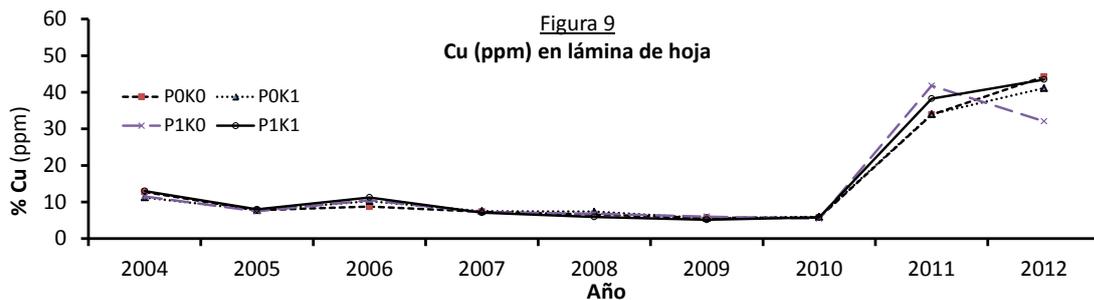
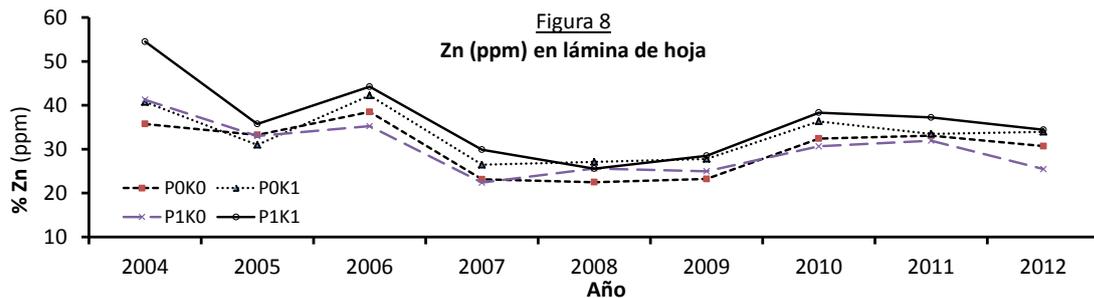
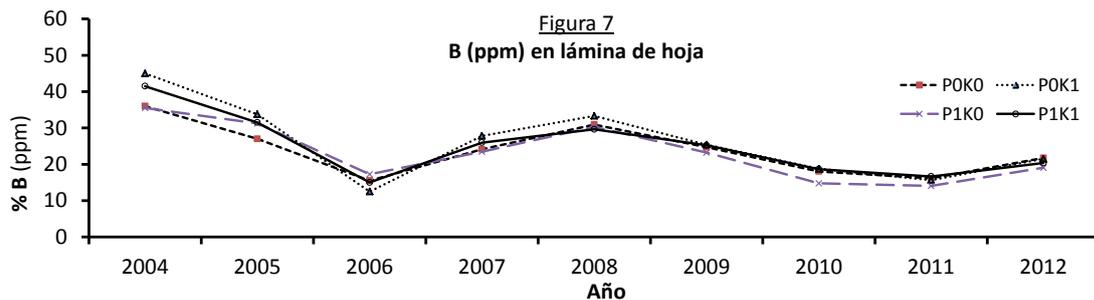
P0 - .115 % P K0 - .55 % K
P1 - .130 % P K1 - .77 % K





Las diferencias entre tratamientos eran mucho más marcadas y consistentes para K que para P.





Las medias globales del experimento para los restantes elementos eran:

N - 1.62 % B : 25 ppm
 Ca - 1.27 % Cu : 15 ppm
 Mg - .76 % Zn : 33 ppm
 Mn: 97 ppm

Contra lo que podía esperarse las aplicaciones anuales de P no afectaron a los niveles foliares de Zn. La aplicación anual de K incrementó ligeramente la absorción de Zn (Tabla 1).

Tabla 1. Zn (ppm). Media 2004-2012

Tratamiento	Media	p _L (0,05)
P0 K0	30,3	a
P0 K1	33,2	a b
P1 K0	29,9	a
P1 K1	36,4	b

Medias con la misma letra en una misma columna no son significativamente distintas.

Los contenidos foliares medios de P0 se mantuvieron todos los años, como promedio de las 4 repeticiones, por encima de 0.08 %. Esto ocurrió también en los trabajos anteriores (Casado et al., 1984 y Hermoso *et al.*, 2003) que cubrían los periodos 1973 – 1981 y 1973 – 2002. Considerando conjuntamente los tres trabajos con una duración global de 40 años se constata que los niveles de P0, sin fertilización, han permanecido en niveles muy similares desde 3 años tras la plantación hasta el fin del experimento. No se han observado diferencias significativas en los parámetros principales de cosecha (Tabla 2). Solo el peso medio del fruto fue significativamente menor en el testigo (P0 K0). Tampoco se registraron diferencias significativas en la producción de frutos en los trabajos anteriores (Casado *et al.*, 1984 y Hermoso *et al.*, 2003). Por ello puede concluirse que en ningún periodo, con niveles en lámina foliar por encima de 0.08 % P, se ha alcanzado el nivel de deficiencia.

Tabla 2. Análisis conjunto del periodo 2006/2013 (por año)

Tratamiento	Incremento área de tronco (%)	Peso medio g.fruto ⁻¹	Nº frutos arbol ⁻¹ .año ⁻¹	Peso neto kg.arbol ⁻¹	Cosecha potencial kg.arbol ⁻¹
P0 K0	4,3 a b	195 a	338	62,1	63,1
P0 K1	3,6 a	213 b	302	59,3	59,8
P1 K0	4,9 b	208 b	316	59,2	59,8
P1 K1	4,8 b	213 b	350	67,3	67,8
	p £ 0,05%	p £ 0,05%	N.S.	N.S.	N.S

N.S: no significativo

En el V Congreso Mundial del Aguacate (España 2003) J.M. Barea presentó verbalmente un estudio de micorrizas realizado dentro de este ensayo a los 29 años de edad. El estrato superficial de 9 cm de profundidad, con muy alta densidad de raíces y rico en materia orgánica, tenía una densidad de esporas por gramo de suelo 5 veces superior a la del suelo mineral inferior a 10 cm de profundidad. Los árboles testigo (P0 K0) tenían casi doble densidad que los árboles fertilizados (P1 K0, P0 K1, P1 K1). Esto podría explicar en parte los similares contenidos de P en hoja de todos los tratamientos.

En ningún año los contenidos medios de K0 en lámina de hoja, como promedio de las 4 repeticiones, descendieron por debajo de 0.52 % K. En la Tabla 3 se muestran los parámetros de crecimiento y cosecha en los 4 bienios de este ensayo para los tratamientos K0 y K1. A diferencia de lo ocurrido en los primeros 29 años del ensayo (Hermoso *et al.*, 2003) no se observaron en ningún bienio diferencias significativas entre K0 y K1. Esto podría deberse a que en los primeros 29 años si hubo periodos en que el contenido foliar de K descendió, para los K0, por debajo de 0.5 %, reduciendo la cosecha. Este descenso se produjo especialmente en los primeros años del ensayo cuando se regaba por goteo. Como resultado anómalo, en un bienio de marcada sequía, quizás por un efecto osmótico en suelo, la fertilización potásica redujo significativamente la cosecha. No se observaron diferencias entre tratamientos en el porcentaje de frutos caídos antes de la recogida (datos no mostrados).

Tabla 3. Tratamientos K. Crecimiento y cosecha

Periodo	Cosecha potencial kg.arbol ⁻¹ .año ⁻¹	Productividad g.cm ² de tronco	Tamaño medio del fruto (g)	Peso neto kg.arbol ⁻¹ .año ⁻¹	Incremento área de tronco (%) año ⁻¹	Nº total frutos (incl. suelo) arbol ⁻¹ .año ⁻¹	Nº frutos árbol (recolección) arbol ⁻¹ .año ⁻¹
	Coficiente K ₀ .K ₁ ⁻¹	Coficiente K ₀ .K ₁ ⁻¹	Coficiente K ₀ .K ₁ ⁻¹	Coficiente K ₀ .K ₁ ⁻¹	Coficiente K ₀ .K ₁ ⁻¹	Coficiente K ₀ .K ₁ ⁻¹	Coficiente K ₀ .K ₁ ⁻¹
2006-07	1,012	1,136	0,993	0,949	1,107	1,028	0,952
2008-09	1,082	1,216	0,936	1,083	0,839	1,152	1,153
2010-11	0,863	0,897	0,946	0,860	1,181	0,888	0,884
2012-13	0,937	0,954	0,917	0,937	1,212	0,976	0,975

En 2012-13 se eliminaron las parcelas P1K0 A y P1K1 A, por tener algún árbol enfermo.

CONCLUSIONES

En los árboles no fertilizados con P, niveles de P en lámina foliar ligeramente superiores a 0.08 % no han provocado una deficiencia significativa en cosecha o productividad por unidad de área de sección de tronco. Ello ha sido así a pesar de que al inicio del ensayo, el contenido de P₂O₅ en suelo era muy bajo (Casado *et al.*, 1984). No es posible separar dos posibles causas del mantenimiento de los niveles foliares de P a lo largo de 39 años sin fertilización adicional; la liberación del P del suelo por meteorización de las pizarras ó el progresivo aumento de la infección con micorrizas de las raíces superficiales (0 – 9 cm de profundidad). En una parcela vecina, (Muñoz 1988), se comprobó que, regando por microaspersión, en este estrato superficial se sitúan casi la mitad de la longitud total de raíces. Esto podría facilitar significativamente la absorción del P, teniendo además en cuenta la alta infección por micorrizas aquí mencionada.

Los resultados de este ensayo apoyan la conclusión de Hermoso *et al.* (2003) de que solo se producen disminuciones de cosecha cuando los contenidos de K en lámina de hoja se sitúan claramente por debajo de 0.5 %, lo que no ha ocurrido en los últimos 10 años de este ensayo.

Los árboles fertilizados con K han mostrado un ligero aumento del peso medio del fruto en todos los bienios de este ensayo aunque sin diferencias estadísticamente significativas. En el ensayo previo (Hermoso *et al.*, 2003) las diferencias, semejantes en magnitud, si eran estadísticamente significativas en la mayoría de los bienios.

El mejor control de la nutrición con B, Zn y Cu no parece haber afectado significativamente a la nutrición P K.

LITERATURA CITADA

- Casado, M, Farré, JM, Jaime, S & Hermoso JM. 1984. Nutrición P K en aguacate. Observaciones de los primeros 9 años. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie: Agrícola. 26(4): 47-66.
- Embleton, TW & Jones WW. 1966. Avocado and mango nutrition. M.F. Childers, Ed. Temperate to tropical fruit nutrition. Rutgers. The State University. New Brunswick. USA.
- Hermoso, JM, Jaime, S, Torres, MD & Farré JM 2003. Nutrición P K del aguacate. Resumen de dos experimentos de 29 años. Actas V Congreso Mundial del Aguacate 1: 387-393.
- Muñoz, AJ. 1988. Comparación del sistema radicular del aguacate bajo dos sistemas de riego: goteo y microaspersión. Trabajo fin de carrera. EUITA La Rábida (Huelva)



ACTAS • PROCEEDINGS

VIII CONGRESO MUNDIAL DE LA PALTA 2015

del 13 al 18 de Septiembre. Lima, Perú 2015

www.wacperu2015.com

