



## Contenido hídrico de dos variedades de olivo (*Olea europaea* L.) en el Valle de Cañete, Lima-Perú

Water holding capacity of two olive (*Olea europaea* L.) cultivars in Cañete valley, Lima-Peru

Ricardo Borjas<sup>1,\*</sup>; Diana Rebaza<sup>2</sup>; Alberto Julca<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina. Código postal: Lima12. Lima. Perú.

<sup>2</sup> Departamento de Estadística e Informática, Facultad de Economía y Planificación, Universidad Nacional Agraria La Molina. Código postal: Lima12. Lima. Perú.

Recibido 22 mayo 2015. Aceptado 30 agosto 2015.

### Resumen

El estudio de los índices del estado hídrico en *Olea europaea* L. resulta de gran importancia porque permite una mejor comprensión de la capacidad hídrica de esta especie. El presente ensayo fue conducido en el Valle de Cañete con las variedades de olivo 'Frantoio' y 'Sevillana' (ambas con 10 años de edad), con el objetivo de determinar su contenido hídrico. En las dos variedades se midió el contenido hídrico relativo (CHR), el contenido de agua para la saturación (CAS), el déficit de agua para la saturación (DAS), el peso seco (PS) y el peso fresco (PF). En la variedad 'Sevillana' los valores de CHR (73,7%), PS (0,180 g) y PF (0,330 g) fueron mayores que en la variedad 'Frantoio', esta última con valores de 68,2%, 0,140 g y 0,258 g respectivamente. En conclusión, estos resultados indican que la variedad 'Sevillana' tiene mayor capacidad hídrica que la 'Frantoio' para resistir ambientes áridos.

**Palabras clave:** índices hídricos, hoja, Frantoio, Sevillana.

### Abstract

The study of the indexes of water to *Olea europaea* L. is important because it allows understanding of the water capacity of this species. This trial was carried out in the Valley Cañete with olive varieties 'Frantoio' and 'Sevillana' (both 10 years old), with the aim of determine its moisture content. In both varieties relative water content (CHR), the Content of water saturation (CAS), the water deficit for saturation (DAS), dry weight (PS) and fresh weight (FW) was measured. 'Sevillana' shown a CHR (73.7%), PS (0.180 g) and PF (0.330 g) were higher than in the cultivar 'Frantoio' (with values of 68.2%, 0.140 g and 0.258 g respectively). In conclusion, these results indicate that the variety 'Sevillana' has greater capacity than water 'Frantoio' to withstand arid environments.

**Keywords:** water index, Leave, Frantoio, Sevillana.

### 1. Introducción

El olivo (*Olea europaea* L.) es un cultivo que abarca un amplio territorio y es cultivada por numerosos agricultores y tiene un rol importante en el Perú. El último INEI (2013), muestra que el Perú tiene 20 859,96 ha de este cultivo ubicados principalmente al sur del país. Entre las principales variedades cultivadas están la Sevillana, Ascolana y Liguria.

Por otro lado, en el 2011 el Perú exportó aceitunas por un valor aproximado de 32

millones de dólares (MINAG, 2011).

En el Perú, el aprovechamiento de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas carece de una planificación integral lo que causa un deterioro de la calidad y la disminución de este recurso (MINAG, 2014). El agua juega un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las plantas, limitando la producción de cultivos (Santa y Valero, 1993). Los índices del estado hídrico de las plantas como el Contenido Hídrico Relativo

\* Autor para correspondencia  
E-mail: [rborjas@lamolina.edu.pe](mailto:rborjas@lamolina.edu.pe) (R. Borjas).

(CHR) ha sido considerado como un indicador de la tolerancia a la desecación (Villalobos *et al.*, 1990) ya que según Carter (1989), este integra los componentes aéreos y de suelo y permiten conocer la capacidad de una planta a tolerar el déficit hídrico. El CHR, ha sido medido en otras especies como *Capsicum annum* L. (Chaman, 2007), *Phaseolus vulgaris* L. (Chávez *et al.*, 2015), *Olea europea* L. (Bacelar *et al.*, 2006) y otras especies arbóreas (Luna *et al.*, 2012).

Por tanto, debido a la importancia de las relaciones hídricas en las plantas y a la relevancia que tiene este cultivo en el país, este estudio buscó determinar el estado hídrico de dos variedades de olivo en condiciones del valle de Cañete.

## 2. Materiales y Métodos

### Sitio de estudio

La evaluación se llevó a cabo en el valle de Cañete, en el distrito de Quilmaná, departamento de Lima. Las variedades estudiadas fueron Frantoio y Sevillana (ambas con 10 años de edad) y manejadas de forma convencional. El manejo convencional consistió en una fertilización a base de compost con desecho de guano de ganado (3 kg/árbol/campaña). El control de plagas y enfermedades se hizo mediante lavados con detergentes agrícolas y aplicación de plaguicidas contra queresas. La finca de estudio se encuentra a 212 msnm, latitud 12° 55' S y longitud 76°24' WO. El valle de Cañete se encuentra dividido en tres zonas: zona marginal al este, zona salina al oeste y zona central, cada una caracterizada por su tipo de suelo y su disponibilidad de agua. El distrito de Quilmaná se encuentra en la zona marginal este (Achata *et al.*, 1990), zona cuyos suelos tienen las siguientes características: retienen poca agua, buen drenaje, pH alcalino (7,5), bajo contenido de potasio y materia orgánica y por último con un contenido medio de fósforo (Daza y Rincón, 1993). Los datos meteorológicos fueron tomados de la estación meteorológica Vantage-Davis Pro de la Univer-

sidad Nacional Agraria La Molina. De acuerdo a la estación meteorológica, hubo una temperatura promedio de 18 °C, sin precipitación y con una HR del 86%.

### Análisis estadístico

Para este análisis se usó el programa estadístico Statistical Package for the Social Science (SPSS versión 21). Se procedió a comparar las dos variedades en cuanto al Peso fresco (PF), Peso seco (PS), Contenido Hídrico Relativo (CHR), Déficit de agua para la saturación (DAS) y Cantidad de agua para la saturación (CAS), de las hojas. Se usó el muestreo aleatorio simple para seleccionar las unidades de análisis: árbol de olivo (10 árboles / variedad), de los cuales se tomaron 60 hojas por planta y por variedad.

Se realizó un estudio exploratorio de los datos en cada una de las variables con indicadores descriptivos y un diagrama de cajas de las variedades Frantoio y Sevillana. Luego de observar las diferencias descriptivas entre las variedades, se procedió a verificar los supuestos, encontrándose que los datos no se ajustaban a una distribución normal y no presentaban homogeneidad de varianzas, por tanto se realizaron las transformaciones de datos de las variables correspondientes (Steel *et al.*, 1988) (Tabla 1). Para mayor utilidad, luego de la transformación de datos se usaron los promedios originales. Para determinar si las diferencias fueron estadísticamente significativas se sometieron los datos a una prueba de hipótesis (prueba T-student).

**Tabla 1**

VARIABLES estudiadas y las transformaciones realizadas a cada una de ellas para el cumplimiento de homogeneidad de variancias y distribución normal

Variable	Transformación
PF	$Y=LN(X)$
PS	$Y=LN(X)$
CAS	$Y=LN(X)$
DAS	$Y=ARCSIN(\sqrt{X})$
CHR	$Y=ARCSIN(\sqrt{X})$

Se realizó la prueba T con las variables en estudio encontrándose diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) al comparar las variedades de olivo.

### Análisis de suelos

Como dato complementario se caracterizó el suelo y para esto se hizo un “muestreo compuesto” (con una profundidad de 30 cm) según lo recomendado por Sosa (2012). Las muestras fueron enviadas al laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se realizó el análisis de caracterización y de micronutrientes.

### Análisis de hojas

Igual que en el caso anterior, se complementó el ensayo con un análisis foliar para lo cual se colectaron las hojas, completamente desarrolladas, de la parte media de los árboles de olivos. Se cogieron 60 hojas de cada árbol (de los 4 puntos cardinales) y 10 árboles por variedad. Se guardaron en bolsas de papel a 5 °C. Para determinar el contenido de nutrientes, las muestras fueron enviadas al laboratorio para su análisis.

### Determinación de los índices del estado hídrico foliar

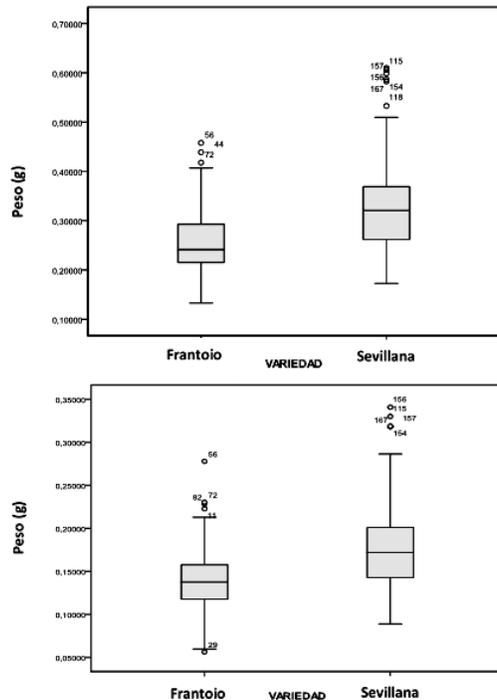
Se determinó el contenido hídrico relativo (CHR) mediante la fórmula:  $CHR (\%) = [(PF-PS)/(PT-PS)]100$ . Para el contenido de agua para la saturación (CAS) =  $(PT-PF)/PS$ , y para el déficit de agua para la saturación (DAS) =  $[(PT-PF)/(PT-PS)]100$ , donde PF: peso fresco, PS: peso seco y PT: peso turgente. El PS se obtuvo colocando las hojas en una estufa a 85°C por 48 horas. Los procedimientos son descritos por Bacelar *et al.* (2006).

## 3. Resultados y Discusión

### Análisis exploratorio

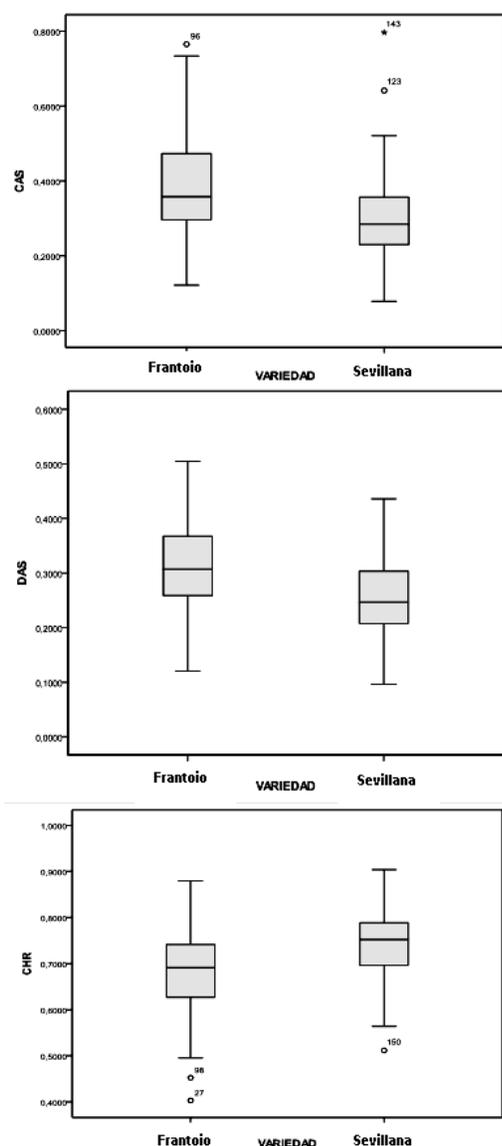
En el diagrama de cajas se observa que la variedad Sevillana tiene mayor longitud de caja, es decir variabilidad en el 50% central de los datos para las variables peso seco (PS) y peso fresco (PF) (Figura 1), sucede lo contrario con las variables

cantidad de agua para la saturación (CAS), déficit de agua para la saturación (DAS) y contenido hídrico relativo (CHR) (Figura 2). Para el coeficiente de variación (CV), los resultados indican que únicamente en la variable CHR, la variedad Sevillana presenta un valor más bajo comparado con la variedad Frantoio, esto no sucede en las demás variables estudiadas.



**Figura 1.** Análisis exploratorio (Diagrama de cajas) de las variables de crecimiento, peso fresco (g) (superior) y peso seco (g) (inferior) en las hojas de olivo de las variedades Frantoio y Sevillana.

En la Figura 1, tanto para el PF y PS observamos una mayor longitud de caja y valores que sobresalen de la misma para la variedad Sevillana, lo cual nos indica una mayor variabilidad de ésta frente a Frantoio. Por otro lado, el comportamiento de la variedad Frantoio presenta menor variabilidad ya que tiene una mayor concentración en el 50% central de la distribución de los datos tanto para el PF como para el PS. Estos indicadores descriptivos muestran una diferencia entre las variedades estudiadas.



**Figura 2.** Diagrama de cajas del Contenido Hídrico Relativo (CHR) Déficit de agua para la saturación (DAS) y Cantidad de agua para la saturación (CAS) en las hojas de olivo de las variedades Frantoio y Sevillana.

### Análisis de suelo

Según los resultados, el suelo es ligeramente alcalino (pH 7,66) y salino (6,02 dS/m). La salinidad no representa un problema para el crecimiento de esta especie ya que Parra *et al.* (2002), reportan que el olivar resiste mejor la salinidad que otros frutales. Tapia *et al.* (2003), reportan que un efecto severo sobre la productividad se alcanza con una salinidad de 8 dS/m.

La materia orgánica (MO) (%) y el contenido de fósforo (P) (ppm), están en bajas cantidades (0,49 y 4,5 respectivamente). Según Bienes *et al* (2010), existe una alta correlación entre el fósforo y la MO.

El potasio (K) fue alto (404 ppm). En relación a la clase textural, el suelo de la localidad de estudio es clasificado como franco arenoso, con un contenido de arena, limo y arcilla del 73%, 19% y 8% respectivamente. Para la CIC, el suelo mostró un índice de 12.32, lo que lo caracteriza como un suelo de baja fertilidad (Garrido, 1993). A pesar de esto, el olivo es una planta que se adapta muy bien a suelos con poca fertilidad (Centeno y Gómez, 2011). El contenido de micronutrientes fue de 8,2 ppm de boro, 1,6 ppm de cobre, 6,95 ppm de hierro, 6,15 ppm de manganeso y 1,95 ppm de zinc.

### Análisis foliar

De acuerdo a los datos obtenidos por Fernández (2007), los niveles de nutrientes deficientes fueron el Potasio y el fósforo en las dos variedades, mientras que se tiene niveles adecuados para el Calcio y Magnesio. En relación al Nitrógeno (N) el mismo autor menciona que el contenido adecuado de este elemento va de 1,5% a 2,0%. Con un contenido de 1,568% la variedad Sevillana tiene una adecuada cantidad de N en comparación a Frantoio, lo que probablemente se deba a diferencias genotípicas. Resultados similares fueron obtenidos por Carvalho *et al.* (2013) en las variedades de olivo Gappolo y Barnea. Para el caso de los micronutrientes las dos variedades tienen una buena cantidad de éstos (Fernández, 2007). Los resultados del análisis de suelo, en este ensayo, se muestran en la Tabla 2.

### Medidas de crecimiento y contenido de agua en las hojas

Tanto en el PS como en el PF, la variedad Sevillana mostró un valor significativamente ( $p < 0,05$ ) mayor que la variedad Frantoio (Figura 3).

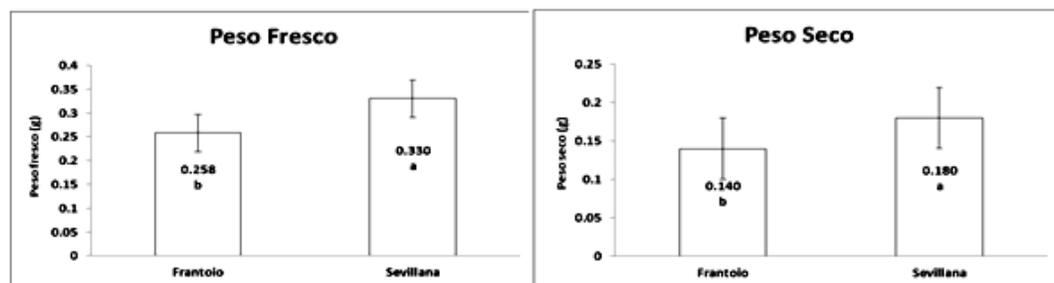
**Tabla 2**

Análisis foliar de la hojas de olivos cultivadas en el valle de Cañete

Variedad	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	N (%)
Frantoio	0,085	0,73	2,15	0,12	0,200	1,344
Sevillana	0,080	0,77	1,835	0,10	0,255	1,568
	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	B (ppm)	
Frantoio	26,5	8	33,5	114	23	
Sevillana	24	8	30	103	18,5	

El aumento en el crecimiento de las hojas de la variedad Sevillana probablemente se deba a su mayor contenido de N y agua. Troyanos y Roukounaki (2011), encontraron que al incrementar la fertilización con N el PS del olivo aumenta, igualmente una deficiencia de este elemento puede disminuir significativamente la biomasa en el cultivo de olivo (Boussadia *et al.*, 2010). Fernández (2007) menciona que el N es el elemento nutritivo que se requiere en mayores cantidades, por lo que ha constituido tradicionalmente la base de la fertilización del olivar. Este mayor contenido de N de la variedad Sevillana se debe a una mayor absorción de N, lo que a su vez podría deberse a que esta variedad presenta diferencias genotípicas con Frantoio relacionadas a la proporción de crecimiento de raíces, la absorción de nutrientes y/o la eficiencia fotosintética (Freihat y Masa'Deh, 2006). Freihat y Masa'Deh (2006) reportan que existe una diferencia de absorción de nutrientes (N, P y K) en cultivares diferentes. Por otro lado, Chatzistathis *et al.* (2009) encuentran diferencias en la absorción de nutrientes para el Mn y el Fe en las variedades Koroneiki y Mastoidis.

Los resultados relacionados al PS y PF también pueden deberse a un mayor Contenido Hídrico Relativo (CHR) en la variedad Sevillana en relación a la variedad Frantoio ( $p < 0,05$ ), los CHRs fueron 73,7% y 68,2% respectivamente (Figura 4). Ambos valores fueron inferiores a los encontrados en las variedades Arbequina, Blanqueta, Cabronçosa, Manzanilla y Negrinha con 77,1%, 83,4%, 84,6%, 85,7% y 84,1% respectivamente (Bacelar *et al.*, 2004). A su vez, el CHR está relacionada con la fotosíntesis ya que según Chartzoulakis *et al.* (1999), éste proceso está asociada con los niveles de agua en la planta de olivo. Las plantas que crecen bajo condiciones de estrés hídrico presentan menor fotosíntesis. Jorba *et al.* (1985) reportan que la reducción del CHR del 96% al 65% indujo un 85% de disminución de la fotosíntesis en el cultivo de olivo. Según Bacelar *et al.* (2006) las hojas de olivo que presentaron una menor cantidad de agua en sus tejidos presentaron síntomas de estar bajo un proceso de estrés oxidativo, lo que indudablemente afecta de forma negativa a la fotosíntesis.



**Figura 3.** Diferencia entre las medidas de crecimiento en las variedades Frantoio y Sevillana (Prueba T-student,  $p < 0,05$ ).

Es posible que el bajo contenido de materia orgánica (MO) en el suelo en estudio también influya en nuestros resultados relacionados al CHR. Calero *et al.* (2013), encontraron que con mayor contenido de MO hubo una mayor asimilación de CO<sub>2</sub> y menos déficit de agua en plantas de olivo. Sofo *et al.* (2008), se encontraron que al disminuir el potencial hídrico, también disminuyeron diversos procesos fisiológicos entre los que se encuentra la asimilación del CO<sub>2</sub>. La fotosíntesis también es un proceso que se ve afectado por el contenido de carbono orgánico del suelo (Borjas, 2011).

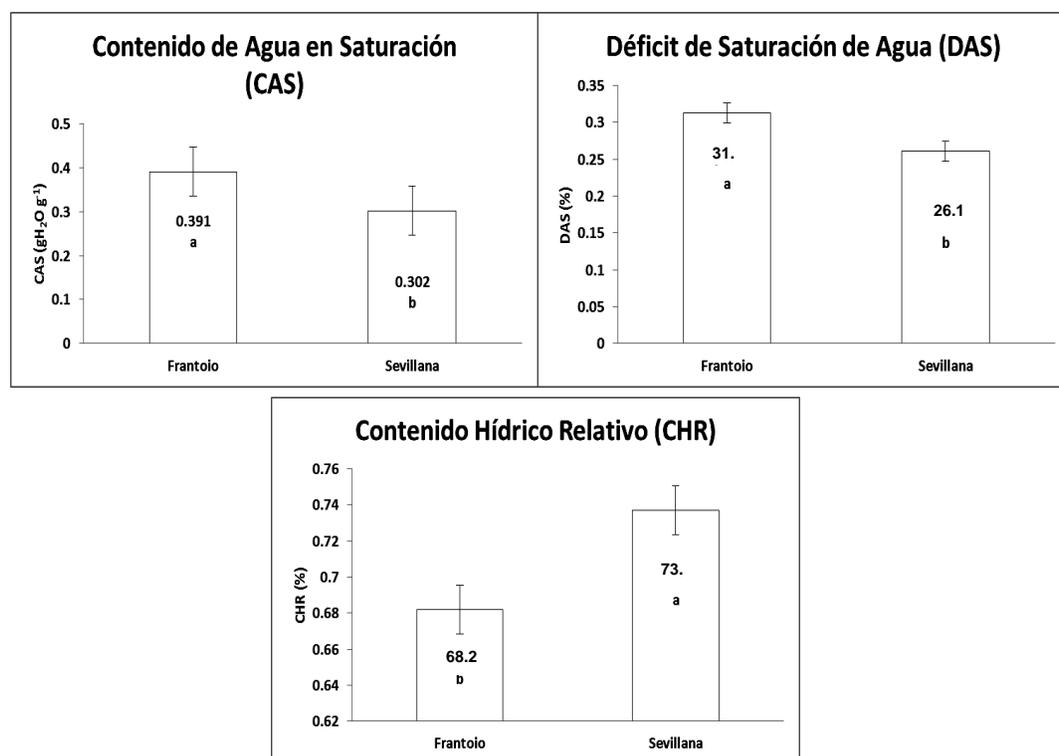
En relación al contenido de agua en saturación (CAS) y al déficit de saturación de agua (DAS), la variedad Frantoio presentó valores significativamente ( $p < 0,05$ ) superiores (0,391 y 31,3% respectivamente) a los de valores de la variedad Sevillana (0,302 y 26,1%). Por otra parte, los valores de CAS en este ensayo fueron menores que los obtenidos por Bacelar *et*

*al.* (2004) en otras variedades de olivo. Abd-El-Rahman (1966), informa que el CAS es un índice que nos indica la cantidad de agua que le falta a la hoja para saturarse. De acuerdo a Bacelar *et al.* (2004) y según nuestros resultados la variedad Sevillana tiene la capacidad de soportar mejor los ambientes áridos en relación a la variedad Frantoio ya que ésta última presentó un CAS estadísticamente superior a la primera.

Para el DAS, la variedad Frantoio tuvo un valor significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) que la variedad Sevillana, 31,3 y 26,1 respectivamente, lo que indica una mayor pérdida de agua por parte de la primera.

#### 4. Conclusiones

Luego de haber realizado la evaluación concluimos que la variedad Sevillana presentó mejores condiciones hídricas (CHR, CAS y DAS) lo que se vio reflejado en el aumento del PS y del PF.



**Figura 4.** Índices del estado hídrico en hojas de olivo de las variedades Frantoio y Sevillana (Prueba T-student,  $p < 0,05$ ).

Por otro lado la variedad Frantoio mostró una mayor pérdida de agua (mayor DAS) que la variedad Sevillana. Además, la variedad Sevillana presentó mayor eficiencia en el uso de agua (menor CAS). Por otro lado, nuestros resultados explican, desde el punto de vista del contenido de agua en las hojas, porqué el cultivo de olivo, de la variedad Sevillana, ha sido muy extendido en nuestro país, en zonas áridas. Asimismo, al conocer la importancia de la variable CHR, para el olivo, en ambientes subtropicales, tenemos una idea base de qué parámetro debemos medir en otras variedades, para saber si éstas pueden adaptarse a los ambientes costeros de nuestro país.

## 5. Referencias bibliográficas

- Abd-El-Rahman, A.; Shalaby, A.; Balegh, M. 1966. Water economy of olive under desert conditions. *Flora* 156: 202-219.
- Achata, A.; Fano, H.; Goyas, H.; Chiang, O.; Andrade, M. 1990. El camote (batata) en el sistema alimentario del Perú. El caso del valle de Cañete. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial-Centro Internacional de la papa. 63p.
- Bacelar, E.; Correia, C.; Moutinho, J.; Gonçalves, B.; Lopes, J.; Torres, J. 2004. Sclerophylly and leaf anatomical traits of five field-grown olive cultivars growing under drought conditions. *Tree Physiology* 24: 233-239.
- Bacelar, E.; Santos, D.; Moutinho, J.; Gonçalves, B.; Lopes, J.; Ferreira, H.; Correia D. 2006. Immediate responses and adaptative strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: Changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. *Plant Science* 170: 596-605.
- Bienes, R.; Ruiz, M.; Marques, M. 2010. Pérdida de suelo, fósforo y materia orgánica por erosión hídrica en parcelas revegetadas con matorral autóctono en clima semiárido. *Revista de Ciencias Agrarias* 33 (1): 58-69.
- Borjas, R. 2011. Evaluación agroambiental del suelo de olivar y su relación con algunos aspectos relevantes en la fisiología del olivo (*Olea europea* L.). Universidad de Jaén. España. 103 p.
- Boussadia, O.; Steppe, K.; Zgallai, H.; Ben El Hadj, S.; Braham, M.; Lemeur, R.; Van Labeke, M. 2010. Effects of nitrogen deficiency on leaf photosynthesis, carbohydrates status and biomass production in two olive cultivars "Meski" and "Koroneiki". *Scientia Horticulturae* 123: 336-342.
- Boyer, J. 1982. Plant productivity and environment. *Science* 218: 375-379.
- Carter, T. 1989. Breeding for drought tolerance in soybean where do we stand? En *World Soybean Conference*. Buenos Aires. Argentina.
- Calero, J.; Cordovilla, M.; Aranda, V.; Borjas, R.; Aparicio, C. 2013. Effect of organic agriculture and soil forming factors on soil quality and physiology of olive trees. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 37: 193-214.
- Carvalho, R.; Monteiro, M.; Oliveira, F.; Pereira, M. 2013. Nutrient content of two olive cultivars during the vegetative growth and flowering. *Revista Ceres, Viçosa* 60(4): 569-576.
- Centeno, A.; Gómez M. 2011. Respuesta de olivos adultos de la variedad picual a la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio. IV Jornadas Fertilización SECH. *Actas de Horticultura* 61: 78-82.
- Chaman, M. 2007. Variaciones en el contenido relativo del agua y la concentración de prolina en *Capsicum annum* L. inducido por NaCl. *Arnaldoa* 14(2): 251-258.
- Chartzoulakis, K.; Patakas, A.; Bosabalidis, A. 1999. Changes in water relations, photosynthesis and leaf anatomy induced by intermittent drought in two olive cultivars. *Environmental and Experimental Botany* 42: 113-120.
- Chatzistathis, T.; Therios, I.; Alifragis, D. 2009. Differential uptake, distribution within tissues, and use efficiency of manganese, iron and zinc by olive cultivars Kothreiki and Koroneiki. *HortScience* 44: 1994-1999.
- Chávez, L.; Álvarez, A.; Ramírez, R.; Infante, S.; Castro, L.; García, B.; García, A.; Fonseca, M. 2015. Efecto de la salinidad sobre el contenido relativo de agua y la concentración de pigmentos en tres genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Centro Agrícola* 42(3): 19-24.
- Daza, M.; Rincón, H. 1993. Perfil tecnológico del camote (batata) en la costa central del Perú (Estudio de las zonas agroecológicas del valle de Cañete). Centro Internacional de la Papa. 38 p.
- Fernández, R. 2007. Bases de la fertilización racional del olivar. *Vida Rural* 14(245): 58-61.
- Freihat, N.; Masa Deh, Y. 2006. Responses of two years old trees of four olive cultivars to fertilization. *American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science* 1, 185-190.
- Garrido, M. 1993. Interpretación de análisis de suelo. Hoja Divulgativa Nro. 5. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación 40 p.
- Guzmán, G.; Alonso, A. 2008. A comparison of energy use in conventional and organic olive oil production in Spain. *Agricultural Systems* 98(3): 167-176.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI. 2013. Resultados Definitivos, IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Lima. Perú.
- Jorba, J.; Tapia, L.; Sant, D. 1985. Photosynthesis, leaf water potential and stomatal conductance in *Olea europea* under wet and drought conditions. *Acta Horticulturae* 171: 237-246.
- Luna, W.; Estrada, H.; Jiménez, J.; Pinzón, L. 2012. Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. *Terra Latinoamericana* 30(4): 343-353.
- MINAG - Ministerio de Agricultura Perú. 2011. Exportaciones de aceitunas sumaron US\$ 3,2 millones en enero registrando un aumento de 122%. Unidad de Imagen Institucional. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/portal/notas-de-prensa/notas-de-prensa-2011/5251-exportaciones-de-aceitunas-sumaron-us-32-millones-en-enero-registrando-un-aumento-de-122>.
- MINAG - Ministerio de Agricultura Perú. 2014. Hidrometeorología - Problemática. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/hidrometeorolog%C3%ADa/cuencas-e-hidrograf%C3%ADa/problem%C3%A1tica>.

- Montgomery, D.; Runger, G. 2005. Probabilidad y Estadística para Ingeniería. Tercera Edición. México. 817 p.
- Parra, M.; Fernández, R.; Navarro, C.; Arquero, O. 2002. Los suelos y la fertilización del olivar cultivado en zonas calcáreas. Junta de Andalucía. 255 p.
- Santa, M.; Valero, J. 1993. Agronomía del riego. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. España. 732 p.
- Sosa, D. 2012. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Manejo de Suelos. Técnicas de toma y remisión de muestras de suelo. Argentina. 4 p.
- Sofo, A.; Manfreda, S.; Fiorentino, M.; Dichio, B.; Xiloyannis, C. 2008. The olive tree: a paradigm for drought tolerance in Mediterranean climates. *Hydrology and Earth System Science* 12: 293-301.
- Steel, R.; Torrie, J. 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. Segunda Edición en Español. México. 622 p.
- Tapia, F.; Astorga, M.; Ibacache, A.; Martínez, L.; Sierra, C.; Quiroz, C.; Larraín, P.; Riveros, F. 2003. Manual del Cultivo del Olivo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Centro Regional de Investigaciones Intihuasi. La Serena. Chile. 128 p.
- Troyanos, E.; Roukounaki, E. 2011. Responses of Young olive trees to nitrogen fertilization. *Hellenic Plant Protection Journal* 4: 13-19.
- Villalobos, E.; Umaña, C.; Sterling, F. 1990. Determinación del contenido relativo de agua en progenies de palma aceitera (*Elaeis guineensis*), durante la época seca en Quepos, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 14(1): 73-78.