

## ■ Estudio preliminar del efecto de diferentes volúmenes de riego sobre el crecimiento y el rendimiento del palto var. Hass, bajo condiciones salinas, Perú

K. Vasquez<sup>1</sup>, O. Diaz<sup>2</sup>, J. Escobedo<sup>3</sup>, A. Rodríguez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>. Asociación de productores de palta Hass del Perú, Lima, Lima, Perú.

<sup>2</sup>. Agropecuaria Las Lomas de Chilca, Lima, Lima, Perú.

<sup>3</sup>. Universidad Nacional Agraria La Molina, La Molina, Lima, Perú

<sup>4</sup>. AGQ Labs, Lima, Perú

El palto es una especie frutal altamente sensible al estrés hídrico y a las sales, dos de los problemas más relevantes en la costa del Perú, lo que hace del manejo de riego una tarea difícil para los productores. La salinidad afecta a la composición del suelo y evita que la planta absorba agua a través de las raíces, debilitando el crecimiento vegetativo y el desarrollo de la fruta. Por ello, se condujo un experimento en un huerto comercial de Palta var. Hass en la zona de Chilca, ubicada a 67 km de la ciudad de Lima, esta zona cuenta con una conductividad eléctrica (CE) de 1.06 dS/m en el agua y 1.07 dS/m en el suelo. El estudio involucra 4 tratamientos: T0: testigo aprox. 100% Eto, T1: 80% ETo, T2: 120% ETo y T3: 150% ETo. La aplicación de los volúmenes de agua se realizó a través de un sistema de riego por goteo; la frecuencia y tiempo de aplicación se calculó en función a un kc de 0.75 y a la evapotranspiración registrada por una estación meteorológica cercana; además, se incorporó en cada riego una fracción de lavado.

Se evaluó el crecimiento y desarrollo de brotes en panículas florales indeterminadas, el comportamiento de la CE en el suelo, los niveles de N, P, K y cloruros en las hojas y un estimado del número de frutos. Según los primeros resultados el T2 ha registrado 22.33% de segundo flujo vegetativo en comparación al T0 con 15.67%. En el caso de la CE, el T3 presentó la mejor media con 0.89 dS/cm a dos profundidades en comparación al T0 con 1.32 dS/m. El primer conteo de frutos, 3 meses antes de cosecha, indica que el T3 produjo una media de 186.52 en comparación al T0, T1 y T2 que alcanzan 122.12, 116.76 y 135.16 respectivamente.

Palabras clave: Irrigación, Evapotranspiración, Lavado, Producción.

### INTRODUCCIÓN

El progresivo incremento de la producción y exportación de la palta Hass peruana posiciona al producto como una de las frutas con mayor potencial económico durante los últimos años, lo que se traduce en mejores oportunidades de desarrollo para los productores de este cultivo en nuestro país. En el año 2014, las cifras de exportación de palta Hass peruana alcanzaron un nuevo récord, con el envío de 164,714 TM a los diferentes destinos de Europa, América y Asia, teniendo como principales países a EE.UU, Holanda y España. En comparación con el 2013, en el 2014 se logró exportar a Europa 14.95% más. (Fuente: Prohass).

Para este año 2015, el total de exportación proyectado es de 231,332 toneladas métricas, lo que significa un incremento del 40% respecto al año pasado. Asimismo, la apertura de nuevos mercados va en progreso con el ingreso de la palta Hass peruana a China y Japón que ya es una meta cumplida y que busca ser un importante escenario para elevar la competitividad de nuestro producto a nivel internacional.

Es por ello, que surge la necesidad de mejorar las actividades en torno al cuidado del cultivo a fin de generar mayores rendimientos sin descuidar la calidad. Una de las principales prácticas que los productores deben reforzar en sus campos es el manejo del riego, considerada como la fuente principal de nutrientes para la planta; la aplicación de este recurso en forma oportuna y uniforme, manejando las cantidades, frecuencias y tiempos de acuerdo a las características climáticas, fisiológicas y edáficas del cultivo garantizan un ahorro de energía, costos y una relación suelo-agua-planta más equilibrada.

Cabe resaltar que uno de los principales problemas en la zona costera nuestro país es la salinidad, causada por diversos factores, uno de ellos, la sobreexplotación de pozos que elevan el nivel freático en el subsuelo dando lugar al ascenso capilar de las sales provenientes del agua de mar; este es el caso del distrito de Chilca, que cuenta con una acumulación significativa de este elemento en zonas que podrían afectar al desarrollo y la productividad del palto; es por ello, que este trabajo está orientado a investigar de forma práctica los porcentajes de la evapotranspiración que podrían ser aplicados al campo durante toda la temporada sin afectar la fisiología y la producción final; favoreciendo el desplazamiento de las sales fuera de la zona radicular a través de la aplicación de fracciones de lavado.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Lugar y condiciones del experimento:

El experimento se llevó a cabo en el fundo Casablanca de la empresa Agropecuaria las Lomas de Chilca durante los meses de septiembre 2014 hasta agosto 2015. Esta cuenta con 76.36 Hectáreas de palta Hass destinadas a la exportación y está ubicado entre las coordenadas 8619500.0000 N-314000.0000E, en el Sector zona quebrada de Parca, a la altura del kilómetro 63.5 de la panamericana sur, del distrito de Chilca, provincia de Cañete y departamento de Lima en Perú. La textura del suelo es franco arenosa y el terreno se encuentra ubicado en una zona de suave pendiente, con cerros internos, canales y diversas plantaciones, las cotas varían entre 36m de diferencia y es de uso agrícola. La temperatura media es de 23.6°C durante los meses de verano y 18.8°C durante el invierno, no se registran precipitaciones en esta zona.

### Selección del área de estudio

La parcela experimental constó de 200 árboles de un lote representativo del campo, seleccionados bajo los siguiente criterios: un historial de producción anual de 17 tn/ha; 12 años de edad, marco de plantación de 6x4m, portainjerto topa topa, una altura promedio de 3m y con un vigor homogéneo.

### Aplicación de las láminas de riego

El fundo cuenta con un sistema de riego por goteo, cada árbol recibe un caudal proveniente de 12 goteros Katif autocompensados de 2.3 l/hr por árbol, el coeficiente de uniformidad del sistema es de 93%, y cada lote cuenta con un arco de riego independiente. Para fines experimentales se colocaron válvulas ramal al inicio de cada una de las hileras seleccionadas para el ensayo y se marcaron los tratamientos por colores. Durante el período de prueba se aplicaron 4 tratamientos: T0: 100%Eto régimen normal de riego en campo, T1:80%Eto, T2:120%Eto y T3:150% Eto divididos en cinco bloques al azar; cada uno tuvo 5 repeticiones de 10 árboles. El riego se realizó en función a la evapotranspiración del día anterior calculando el tiempo de riego para cada uno con un kc de 0.75; todos los árboles fueron regados a la misma frecuencia, pero recibieron diferentes cantidades de agua. Además, se realizó un cálculo teórico para incorporar una fracción de lavado en cada riego, con el objetivo de controlar la acumulación de sales en la zona radicular. Este cálculo fue de 35%.

### Evaluación del Crecimiento y desarrollo de brotes:

Se marcaron 300 panículas florales indeterminadas por tratamiento en el mes de septiembre para evaluar la longitud (mm) y diámetro (mm) de los brotes vegetativos/florales durante los flujos de crecimiento de primavera y verano; además, durante el primer flujo se registraron datos de número de hojas y número de frutos cuajados.

### Muestreo foliar:

Los muestreos foliares se realizaron desde inicios de diciembre 2014 hasta agosto 2015. Se recolectaron muestras de 200 hojas maduras por tratamiento de forma mensual y se envió a AGQ Labs para el análisis de micronutrientes, macronutrientes y elementos tóxicos, a fin de observar el comportamiento de dichos elementos en el material vegetativo de la planta y el efecto de los tratamientos en la concentración de cada uno durante la temporada.

### Muestreo de suelo:

La conductividad eléctrica y el pH son parámetros que deben ser controlados de forma exhaustiva cuando se cuenta con una plantación sensible a las condiciones salinas; para tener una idea más clara de las variaciones de estos parámetros se tomaron muestras de suelo a las dos profundidades de mayor desarrollo radicular 0-30cm y 30-60 cm. Desde diciembre 2014 hasta agosto 2015, se recolectaron muestras de diversos puntos del suelo y se obtuvo un promedio en 2 muestras por tratamiento que mensualmente fueron enviadas AGQ Labs para el análisis de extracto de saturación 1/1.

### Muestreo de agua de riego:

Se instalaron sondas a las profundidades de 20cm, 40cm y 60cm en cada uno de los tratamientos, a través de ellas se monitoreó la conductividad eléctrica de la solución suelo inmediatamente después de cada riego durante los meses de diciembre a julio; asimismo, se analizó una muestra mensual de agua proveniente de la fuente principal, un reservorio que almacena agua de dos pozos subterráneos (Pz1: 125m; Pz2: 110m) para el riego de todo el fundo.

### Evaluación de la distribución de calibres:

En el mes de julio se realizó la cosecha de la parcela experimental, para ello se seleccionaron 25 árboles por tratamiento; de cada árbol se registraron los pesos de las frutas provenientes de una jaba a fin de evaluar cuáles fueron los calibres más representativos en cada caso. Se pesó una muestra total de 6380 frutos con balanzas digitales.

### Evaluación de la producción:

Durante la cosecha, se recolectó la fruta de 25 árboles por tratamiento y se registró el peso en kilogramos por árbol; asimismo, al final del ensayo se registró el peso total de la fruta en kilogramos por tratamiento.

### Análisis estadístico:

Los datos obtenidos se trabajaron bajo un diseño de bloques completamente al azar donde los tratamientos corresponden a T0 (100%), T1 (80%), T2 (120%) y T3 (150%) y la cantidad de bloques a las repeticiones por árbol presentados, por lo tanto la cantidad de datos que ingresaron al modelo distingue una separación entre árbol o repetición. La evaluación de la significancia estadística de los tratamientos para la construcción del ANOVA y las pruebas de comparación de medias (a través de Duncan y DLS) se realizaron mediante el uso del SAS v.8.0 con el procedimiento GLM (modelo lineal general) bajo un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ) con cada uno de los tratamiento evaluados. En el caso de encontrarse significancia en los tratamientos ( $p\text{-value} \leq 0.05$ ), se discutió según la prueba DLS (diferencia límite significativa) y en el caso de no encontrarse ( $p\text{-value} > 0.05$ ), se realizó la prueba de Duncan, con la finalidad de establecer con cuál de los tratamientos establecidos se obtuvo una mejor/peor respuesta en cada caso.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Crecimiento y desarrollo de brotes:

Longitud: En la evaluación de la longitud (mm) del primer flujo, se observó diferencia estadística entre los tratamientos T0 y T1, T0 y T3. Por el contrario el T2 no presentó diferencia estadística frente a los demás tratamientos. La longitud promedio de brote más alta la obtuvo el tratamiento T0 seguido del T2, T1 y T3.

**Tabla N° 1: Comparación de medias de la variable longitud a través de la prueba DSL ( $p\text{-value} \leq 0.05$ ) durante el flujo de primavera**

TRT	N	Media
T0: 100%Eto	298	77.617 a
T1: 80%Eto	300	67.065 b
T2:120%Eto	298	73.181 ab
T3:150%Eto	297	67.270 b

En los brotes del segundo flujo, no se encontró diferencia significativa en los tratamientos; sin embargo, en promedio el T3 obtuvo la mayor longitud seguido del T1, T2 y T0.

Diámetro: En la evaluación del primer flujo se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos con respecto a la variable diámetro; en este caso se obtuvo un menor diámetro en el tratamiento de mayor lámina aplicada, T3, respecto a los demás tratamientos.

**Tabla N° 2: Comparación de medias de la variable diámetro a través de la prueba DSL ( $p\text{-value} \leq 0.05$ ) durante el flujo de primavera**

TRT	N	Media
T0: 100%Eto	298	5.46034 a
T1: 80%Eto	300	5.31560 a
T2:120%Eto	298	5.31980 a
T3:150%Eto	297	5.00973 b

En la evaluación del segundo flujo no existe diferencia estadística entre los tratamientos; sin embargo, en promedio el tratamiento T3 tuvo tendencia a presentar un mayor diámetro, seguido del T1, T0 y T2.

Número de hojas: En el caso del número de hojas se observó diferencia estadística entre los tratamientos encontrando la mejor respuesta con el T0, seguido del T2, T1 y T3.

**Tabla N° 3: Comparación de medias de la variable número de hojas a través de la prueba Duncan ( $p\text{-value} > 0.05$ ) durante el flujo de primavera**

TRT	N	Media
T0: 100%Etc	298	8.6913 a
T1: 80%Etc	300	8.1200 ab
T2:120%Etc	296	8.1959 ab
T3:150%Etc	296	7.9932 b

Se sabe que el crecimiento de los brotes está directamente relacionado con la disponibilidad de agua en el árbol (Lahav et al, 2012), la planta, al alcanzar un balance hídrico cuenta con las condiciones necesarias para el buen desarrollo de su fisiología, en el caso del primer flujo, el estrés hídrico tuvo un efecto negativo significativo en el crecimiento de brotes y desarrollo de material vegetativo. Los brotes presentaron menor longitud, menor diámetro y menor número de hojas; por esto se deduce que durante los meses donde la demanda hídrica del árbol es menor debido a las bajas temperaturas, el exceso o déficit de agua podría causar menor desarrollo de brotes e incluso menor número de flujos por campaña. Por el contrario, los brotes del tratamiento testigo presentaron la mejor respuesta en longitud, diámetro y número de hojas, es decir, un riego de acuerdo a las necesidades evapotranspirativas de la planta, es la mejor alternativa para el desarrollo del brote vegetativo de noviembre y diciembre.

Durante la temporada se observó la aparición de un segundo flujo en los meses de verano, en este periodo debido a las altas temperaturas la planta inicia una intensa actividad para el desarrollo vegetativo y el crecimiento de frutos, utilizando más recursos en sus procesos, en este caso una lámina de riego mayor se presenta como una mejor alternativa para ayudar al crecimiento de los brotes.

**Niveles de micronutrientes, macronutrientes y elementos tóxicos en las hojas:**

El análisis foliar es realizado como una metodología de control sobre el estado nutricional de la planta; la capacidad del palto de extraer y utilizar los nutrientes minerales se ve reflejada en la concentración de cada uno de estos elementos en el tejido, por lo que el análisis químico de las hojas proporciona una valiosa información acerca del estado nutricional del árbol (Lahav, 1998). Los elementos primarios esenciales para el crecimiento del palto son el Nitrógeno, fósforo y potasio y los nutrientes secundarios son el calcio, magnesio y azufre, durante la temporada se realizó un seguimiento de estos elementos y resultó una acumulación que no muestra diferencia significativa en los tratamientos. En el caso de los cloruros, se observa que todos los tratamientos registran valores altos; sin embargo, en promedio el que parece registrar menor acumulación de este elemento fue el T3 seguido del T1, T2 y T0. En el caso del sodio, el promedio es bajo; se puede ver que el T0 presenta menor acumulación de sodio, seguido del T1, T3 y T2.

**Tabla N° 4: Comparación de medias de los elementos químicos registrados en las muestras foliares a través de la prueba Duncan (p-value > 0.05) durante los meses de noviembre 2014 a agosto 2015**

Elemento	T0: 100%	T1: 80%	T2: 120%	T3: 150%	Unidades
Nitrógeno	2.58750 a	2.57750 a	2.59625 a	2.53000 a	%
Fósforo	0.20125 a	0.19625 a	0.21250 a	0.20625 a	%
Potasio	1.25875 a	1.26375 a	1.34250 a	1.30125 a	%
Magnesio	0.38375 a	0.40375 a	0.37375 a	0.38750 a	%
Azufre	0.35750 a	0.36750 a	0.36500 a	0.36500 a	%
Calcio	1.51750 a	1.51750 a	1.38875 a	1.46875 a	%
Cloruros	3006.1 a	2942.2 a	2987.3 a	2682.2 a	mg/kg
Sodio	228.36 b	275.79 ab	350.24 a	286.89 ab	mg/kg

Durante la campaña, el registro nutricional indica que los niveles de potasio y fósforo fueron altos, por su parte, los niveles de calcio, magnesio y azufre se mantuvieron en un rango normal; se podría inferir que en todos los tratamientos la planta absorbió los nutrientes necesarios para su desarrollo en dosis normales por lo que el agua de riego no sería un factor limitante; sin embargo, la acumulación de cloruros tuvo un fuerte impacto que se vio reflejado las quemaduras de hojas maduras tres meses antes de la cosecha, esta fuerte acumulación se registra en los meses de enero a marzo donde las temperaturas son altas dando lugar a un estrés salino que reduce la actividad fotosintética y aumenta la respiración de la planta con la que produce la suficiente energía que facilita la absorción del agua. Debido a este consumo extra de energía, los cultivos reducen su normal desarrollo y su potencial productivo también disminuye. Los resultados muestran que al aplicar mayor lámina se logró concentrar una menor cantidad cloruros; por el contrario el régimen normal de riego registró una mayor acumulación de cloruros en las hojas. El nitrógeno parece ser el elemento más importante en la nutrición del palto, los análisis indican en promedio un exceso en los niveles de nitrógeno en todos los tratamientos; este exceso pudo haber afectado el crecimiento de los frutos cuajados.

**Conductividad eléctrica y niveles de pH en el suelo:**

La conductividad eléctrica no presentó un efecto significativo en los tratamientos, estos valores se encuentran por debajo de la salinidad límite que podría afectar el rendimiento (1.3 dS/m); sin embargo, al observar los análisis foliares, estos valores resultan lo suficientemente altos para ser absorbidos por la planta en grandes cantidades. En este análisis se pudo notar una tendencia interesante al aplicar fracciones de lavado en cada riego, a diferencia de realizar riegos pesados como se aplicó en el testigo. Se observa que la mayor concentración de sales en el suelo y la mayor absorción de estos elementos por la planta se da en el testigo; por el contrario en los demás tratamientos se observa una tendencia a acumular menos e incluso a ser menos absorbidos por la planta; por lo tanto, se podría decir que para controlar la acumulación de sales en los estratos del suelo es mejor aplicar láminas de lavado en cada riego antes de realizar riegos pesados que podrían no ser efectivos e incluso lixiviar mayor cantidad de nutrientes disponibles para el árbol además de afectar la aireación de los estratos superficiales del suelo. En el caso del pH, un menor riego podría causar una disminución significativa a de este parámetro.

**Tabla N° 5: Comparación de medias de la variable pH a través de la prueba Duncan (p-value > 0.05) a las profundidades de 30cm y 60cm**

TRT	N	Media
T0: 100%Etc	18	7.96000 a
T1: 80%Etc	18	7.78222 b
T2:120%Etc	18	7.92111 ab
T3:150%Etc	18	7.90722 ab

### Conductividad eléctrica del agua de riego:

Los datos registrados por las sondas instaladas a tres profundidades distintas de 20cm, 40 cm y 60 cm durante toda la temporada no muestran diferencia significativa entre los tratamientos; sin embargo, la tendencia indica que el T1 y el T3 en promedio logran controlar mejor la conductividad eléctrica en la solución suelo. El factor más limitante en la producción y calidad de fruta en palto es la conductividad eléctrica del agua, lo cual refleja su nivel de salinidad. Se ha reportado que para palto una CE en el agua mayor a 0,75 mmhos/cm limita la producción (Boletín INIA, 2010). Las sales disueltas que originan el descenso del rendimiento de los cultivos, pueden provenir ya sea del suelo o bien del agua de riego. Desde el punto de vista de la fertirrigación interesan estas últimas. (Boletín 126 INIA, 2005). En este caso en particular, se observó un promedio de hasta 1.87 ds/m, por lo que podría ser una causa de la disminución productiva para los tratamientos. La fuente de agua de riego, cuenta con una CE de 1.03 ds/m en promedio durante toda la temporada debido a la cercanía de los mismos al nivel freático; es decir, constantemente se viene regando el huerto con agua salina, por lo tanto la acumulación de cloruros en la zona radicular es inevitable.

### Distribución de calibres:

Respecto al tamaño de la fruta, la mayor concentración se ubicó en el calibre 14 seguido del 18, 16 y 12 y la menor cantidad se concentró en el calibre 28 seguido del 30, 32, 26 y 24. Según el análisis estadístico no existe diferencia significativa entre los tratamientos; sin embargo, en promedio el T2 arrojó un mayor porcentaje entre los calibres 20 y 18; mientras que el T1 obtuvo calibres más grandes entre 14 y 12. Por su parte el T0 obtuvo mayor porcentaje de fruta pequeña entre los calibres 26, 24 y 22 en comparación a los demás tratamientos; y en el caso del T3 se observó una distribución más pareja de calibres desde los más pequeños hasta los más grandes.

### Distribución de calibres por tratamiento

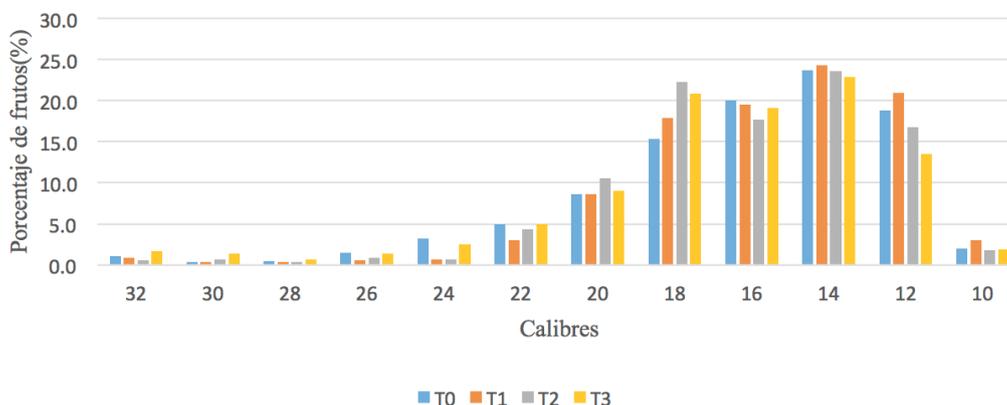


Gráfico N° 1: Distribución de calibres expresado en porcentaje para cada tratamiento.

La distribución de calibres indica que al aplicar mayor lámina durante la temporada, se cuenta con mayor cantidad de frutos por árbol pero con fruta de menor peso, esto debido a la competencia productiva que ejerce la planta al tener mayor cantidad de frutos. En la etapa de cuajado, identificada como un periodo crítico para el éxito de la producción, se observa que con un exceso de agua se podría obtener un mayor número de frutos cuajados; sin embargo, en la etapa de crecimiento, sucede que un déficit de riego podría ayudar a obtener un porcentaje de fruta más grande.

### Producción:

En este estudio preliminar no se observó diferencia significativa en la producción para los tratamientos pero si una tendencia del T2 a ser el tratamiento más productivo. Por su parte, el tratamiento T1 y T0 presentaron menor productividad durante la temporada, esto puede estar relacionado al déficit hídrico combinado con el aumento de la salinidad en el agua de riego que podría ser responsable de algunos de los casos de disminución de los rendimientos (Homsy, 2003). Llevados a toneladas por hectárea resulta para el T2 una producción de 17.47 Tn, y para el T3, T1 y T0, una producción de 15.35, 14.42 y 13.11 Tn respectivamente.

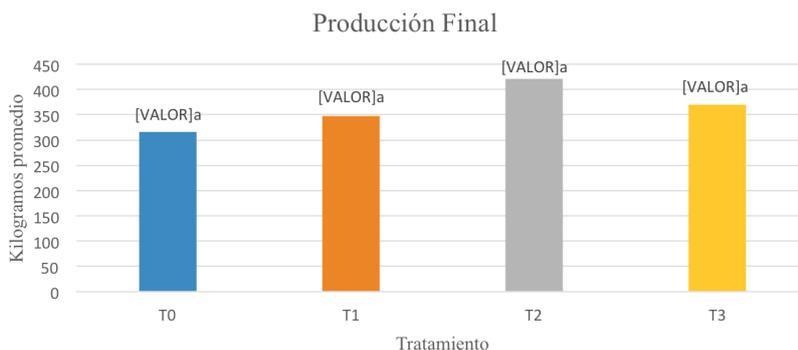


Gráfico N° 2: Rendimiento promedio de fruta en los árboles tratados. Los valores representan la media de 5 repeticiones por tratamiento, cada repetición compuesta por 10 árboles. La letras indican que no hubo diferencia significativa en los promedios (Duncan,  $p < 0.05$ )

## CONCLUSIÓN

En este primer año de producción se concluye que el T2 (120%Eto) presenta la tendencia a ser el tratamiento más productivo, y en promedio a controlar más favorablemente las variables fisiológicas del cultivo frente a las condiciones salinas en las que se ubica la plantación.

## AGRADECIMIENTOS

Financiamiento de la empresa Agropecuaria Las Lomas de Chilca: Ing. Omar Díaz  
Universidad Nacional Agraria La Molina: Dr. Jorge Escobedo Álvarez  
Laboratorio Agriquem: Ing. Andrés Rodríguez  
Asociación de productores de palta Hass del Perú: Ing. Víctor Escobedo.

## LITERATURA CITADA

- Lahav, E; Whiley, A. 2013. The avocado botany, production and uses: Irrigation and mineral nutrition. Ed. B Schaffer. 2 ed. Boston, Chauncey Street. CABI. v. 2, 560 p. ( 978 1 84593 701 0)
- Lahav E; Steinhardt R. Water Requirements and the Effect of Salinity in an Avocado Orchard on Clay Soil. Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet Dagan, Israel. Proc. of Second World Avocado Congress 1992. pp. 323-330.
- Ferreira, R.; Sellés G. 2007. Manejo del Riego y Suelo en Palto. Boletín INIA no 160:120.
- Ferreira R; Sellés G; Ahumada R; Maldonado P; Gil P. 2005. Manejo del riego localizado y fertirrigación. Boletín INIA no 126:56
- Homsky S. Avocado in Israel. 2003. Proceedings V World Avocado Congress 2003. pp. 803-809.



# ACTAS • PROCEEDINGS

## VIII CONGRESO MUNDIAL DE LA PALTA 2015

del 13 al 18 de Septiembre. Lima, Perú 2015

[www.wacperu2015.com](http://www.wacperu2015.com)

