



CARTILLA DIVULGATIVA N°3

Enfrentando un año de sequía: Manejos en campo para la sobrevivencia del huerto

Oscar Seguel
Charlotte Hardy
Francisco Alfaro

PROBLEMA Y SOLUCIÓN

El cambio climático es uno de los factores que genera nuevas dinámicas e incertidumbres a la producción agrícola, en particular en zonas áridas, donde se proyecta una disminución de las precipitaciones, un aumento en la variabilidad de éstas y una mayor recurrencia de periodos de sequía. Si bien los efectos del cambio climático afectan a numerosos rubros, es la actividad agrícola la más vulnerable, en especial en zonas áridas o semi áridas con clima mediterráneo, donde el agua es el recurso más limitante para la producción de alimentos. Esto se hace particularmente importante en la producción frutal, con presencia de especies con ciclos de vida largos, las cuales requieren el aseguramiento de la disponibilidad de agua en cantidad y calidad adecuada y de manera permanente en el tiempo.

En la región de Coquimbo, el proceso de desertificación ha forzado a los productores a adoptar prácticas agronómicas que disminuyan las pérdidas de agua del sistema. Los esfuerzos han apuntado a mejorar los sistemas de conducción de agua, tecnificación de los sistemas de riego y aseguramiento de la disponibilidad de agua a través de la construcción de embalses; sin embargo, los eventos de sequía son cada vez más recurrentes e intensos, por lo que es fundamental favorecer la respuesta y recuperación de los ecosistemas frente a un evento de este tipo. Dada esta condición, se hace indispensable conocer las prácticas de gestión del recurso hídrico a nivel intra-predial, ligadas al suelo y a la planta, que permitan minimizar los efectos de la sequía. Parte de estas prácticas se deben enfocar en aumentar la capacidad de retención de agua en el suelo, la eficiencia en su uso y la capacidad de resiliencia de las plantas para recuperarse de buena manera de los eventos de sequía.

Una de las prácticas asociadas al incremento y aprovechamiento del agua del suelo es la aplicación de materia orgánica, ya que ésta incrementa el agua aprovechable y la persistencia de la porosidad; además, las enmiendas orgánicas favorecen la proliferación y el aumento de la diversidad de los microorganismos, favoreciendo la actividad biológica del suelo y el reciclaje de nutrientes. Por otra parte, una poda severa, al reducir el área foliar, disminuye la transpiración, disminuyendo la necesidad de agua por temporada, lo que potencialmente se puede traducir en una pronta recuperación post-sequía.

Ante un estrés hídrico, la planta busca mantener el equilibrio entre oferta y demanda, siendo la respuesta más inmediata limitar la transpiración a través del cierre de los estomas, provocando que la concentración de carbono en el espacio intercelular disminuya, limitando así la fotosíntesis (Grassi y Magnani, 2005). Qué efectos tiene esto sobre la productividad del

sistema agrícola y qué capacidad tienen los cultivos de recuperarse una vez repuesto el riego resulta es lo que se aborda en esta cartilla, entregando resultados fisiológicos y productivos de manejos de poda y enmiendas de suelo en los tres cultivos principales de la Región de Coquimbo (vid, palto y olivo) bajo un escenario de sequía.

IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO

Se realizó un estudio en huertos comerciales de vid vinífera y olivos, ubicados en la localidad de Tabalí, Comuna de Ovalle, y en un huerto de paltos ubicado en Pintacura, Comuna de Illapel. En Ovalle el suelo es plano y moderadamente profundo, pero con arcillas densas en profundidad, lo que dificulta el enraizamiento; en Illapel el suelo es moderadamente profundo, con texturas franca-finas y pendiente de 15%. El clima es semiárido, para el caso de Ovalle la temperatura media anual es de 15°C, presentando nubosidad abundante y lluvias invernales, con montos de 80 a 120 mm/año y una evapotranspiración potencial que puede llegar hasta los 1.400 mm/año; en Illapel la temperatura media anual es de 16°C y las lluvias invernales alcanzan los 170 mm/año, con una evapotranspiración potencial que llega a 1.100 mm/año.

El huerto de olivos corresponden a una plantación de 7 años de edad de la variedad Arbequina, dispuestas en un marco de plantación de 4 m entre hilera por 1,5 m sobre hileras de orientación Norte-Sur. Al ser una producción mecanizada con un fin industrial, las plantas son manejadas en forma de setos en alta densidad. El sistema de riego es tecnificado, con una línea de riego por goteo en cada hilera y emisores de goteo con un caudal de 4 litros por hora, distanciados a 0,75 centímetros entre sí. En la vid se dispuso de una plantación comercial del cv. Chardonnay de 6 años de edad, plantadas en un marco de 1,5 m x 0,9 m, conducidos en espaldera, con orientación noroeste-sureste y un sistema de riego por goteo de una línea, con emisores de 2 L h⁻¹ dispuestos cada 45 cm. Finalmente, el huerto de paltos, variedad Hass, fue plantado el año 2012 en un marco de 2 m sobre la hilera y 5 m en la entrehilera, dispuestos sobre camellones de 1,2 m de alto y 3 m de base, en una ladera con 15% de pendiente. El riego se realiza por microaspersión, con emisores de 36 L h⁻¹.

Se realizaron manejos de poda y/o enmiendas de suelo previo a un desecamiento severo, simulando una sequía en la que no se aplicó riego. El control correspondió al tratamiento sin poda, sin enmienda y sin riego, pero igualmente se estableció un control positivo, el cual correspondió al frutal bajo régimen normal de riego (sin poda y sin enmienda), tal como se detalla en el Cuadro 1. Los tratamientos se dispusieron en unidades experimentales (parcelas) de 5 plantas en un diseño en bloques completamente aleatorizado, con 5 repeticiones por tratamiento, evaluando la planta central en cada caso.

Cuadro 1. Tratamientos de los ensayos en olivo, vid y palto. √ indica implementación del tratamiento según especie.

Tratamiento	Descripción	Olivo	Vid	Palto
R	Con riego	√	√	√
P0E0	Sin poda, sin enmienda	√	√	√
P5E0	Poda 50%, sin enmienda	√	√	√
P8E0	Poda 80%, sin enmienda	√	√	√
P0EA	Sin poda, con ácido húmico	√	√	√
P0EB	Sin poda, con bacterias nitrificantes	√	√	-
P0EAB	Sin poda, con ácido húmico y bacterias nitrificantes	√	√	-
P5EA	Poda 50%, con ácido húmico	√	√	√
P8EA	Poda 80%, con ácido húmico	-	-	√

En el ensayo de olivo, en la primera temporada se realizaron dos aplicaciones de ácido húmico (octubre 2017 y febrero 2018) del producto comercial Pow Humus® (WSG 85%, Humin Tech, Alemania) con una dosis de 20 kg ha⁻¹ cada vez; para la segunda temporada, en enero se aplicó una dosis de 20 kg ha⁻¹. Para el caso de las bacterias, se realizó una aplicación por temporada (entre octubre y enero de cada temporada) de un equivalente de 10¹¹ unidades formadoras de colonia (ufc) ha⁻¹ del producto comercial Twin N®. La poda se realizó en el mes de enero, simulando un trabajo mecanizado; para esto, se midió la altura del árbol y su ancho hacia la entre hilera y, dependiendo del tratamiento, se redujo en un 50% u 80% estas medidas (Figura 1). El corte del riego se realizó a partir de febrero, manteniendo el riego en RI.



Figura 1. Intensidades de podas en olivos (para vid se repite el concepto), simulando una labor mecanizada; fotos de la derecha, poda en paltos, realizada en forma manual. Año 2017.

En el ensayo de vid, el ácido húmico se aplicó en dosis de 40 kg ha⁻¹, repitiendo la dosis Twin N aplicada en olivos. En la primera temporada (2017-2018) la aplicación se realizó parcializada en octubre y enero; en la segunda temporada (2018-2019) se aplicó la dosis total en enero. La poda se realizó el mismo día del corte definitivo del riego, simulando un manejo mecanizado. El primer nivel de poda (50% de altura de la canopia) coincide con la altura del alambre superior de la espaldera, el segundo nivel (20% de altura de la canopia) coincide con la altura del segundo alambre de la espaldera. En la primera temporada el corte del riego se realizó en post cosecha (inicios de marzo); en la segunda temporada éste se realizó en post envero (inicios de enero).

Para el caso del ensayo en paltos (temporada 2018-2019), se utilizó como enmienda sólo el ácido húmico (Pow Humus), pero esta vez se incluyeron ambos tratamientos de poda intensa con aplicación de ácido húmico. La poda nominalmente designada como P5 (Cuadro 1) corresponde a una poda intensa, en que se dejaron cuatro ramas basales para asegurar la fotosíntesis; para el caso de P8, ésta correspondió a una poda a tocón (Figura 1), pintando el tronco de color blanco para disminuir el daño por sol. La dosis de ácido húmico fue de 30 kg ha⁻¹, aplicado en el mes de noviembre, en tanto la poda se aplicó a fines de diciembre, comenzando la sequía en enero.

En todos los ensayos se realizaron mediciones de variables fisiológicas y en la segunda temporada se cosechó la fruta de los tres cultivos para poder estimar el rendimiento por

hectárea (kg/ha). Para el caso del olivo se tomó una submuestra de 100 gramos de frutos por planta para realizar un análisis de contenido de aceite y estimar el rendimiento de aceite por hectárea. Para el caso de la vid se midió la acidez titulable y los sólidos solubles (grados Brix) del mosto del jugo. Complementariamente, en la vid y el palto se evaluó el rendimiento una temporada después de realizado el ensayo, una vez repuesto el riego, de manera de evaluar la recuperación productiva de la planta; esto no se realizó en los olivos ya que el huerto entró en un receso productivo (año de baja producción). Complementariamente, se realizaron algunas mediciones de propiedades físicas de suelo para evaluar el efecto de las enmiendas, además de controlar el contenido de agua del suelo con sondas FDR. En términos prácticos, los resultados se agrupan y presentan parcialmente según su representatividad.

RESULTADOS

Variables fisiológicas de los cultivos frente a sequía

Dado el diseño de los huertos y el sistema de conducción y poda, la interceptación solar previo a una poda es cercana al 60% en paltos, 50% en vid y 40% en olivos. Una vez realizada la poda, el mayor efecto se ve en el huerto de paltos, donde la interceptación cae bajo el 15%, incluso cercano a 0 para la poda a tocón. En los huertos de vid y olivo, esta variable disminuyó a aproximadamente un 18 y un 30%, respectivamente, sin diferencias entre intensidades de poda (50% v/s 80%). Es decir, la poda logra el objetivo de disminuir la biomasa aérea, sin reducir la interceptación de manera importante en vid y particularmente en olivo, con lo que se lograría el objetivo de disminuir la transpiración, sin afectar en demasía la asimilación de Carbono, factor importante al momento de analizar la posterior recuperación de la planta. Sin embargo, se debe tener en cuenta que ante un escenario de sequía, con este manejo se espera que la producción sea mínima, lo que será particularmente crítico en paltos, donde la reducción del follaje elimina todos los puntos de fructificación.

En cuanto al estrés hídrico alcanzado por las diferentes especies, la Figura 2 presenta los valores de potencial evaluado a medio día solar (medido en ramilla o en hoja, según corresponda, pero correspondiendo al equilibrio del potencial xilemático). En ella se puede ver que el periodo de sequía se extendió por más de 100 días en el caso de los olivos, aproximadamente 80 días en el caso de la vid, y un poco más de 100 días en palto. Resulta interesante que el palto, creciendo en un suelo de matriz franca fina con buena retención de agua, pueda soportar un periodo cercano a los tres meses sin riego, en especial conociendo su alta sensibilidad al déficit hídrico. Es necesario tener presente que en suelos de matriz gruesa, la sequía severa podría provocar la muerte de la planta en un periodo de dos meses.

Para el caso del olivo, una poda intermedia (50%) junto con la aplicación de ácido húmico (P5EA, Figura 2 arriba) promueve un menor estrés al cabo de tres meses de sequía; en el extremo opuesto, durante el periodo más crítico de la sequía (entre los días 60 y 110 aproximadamente) el tratamiento sin poda y con enmienda orgánica (P0EA) presentó el mayor estrés, aunque una vez que ocurren las precipitaciones de invierno, todos los tratamientos se recuperan e igualan al testigo. En la vid no se generaron diferencias entre los tratamientos, siendo todos menores al testigo regado; sin embargo, destaca el manejo con bacterias nitrificadoras (P0EB, Figura 2 al centro), el cual se mantuvo con un ligero menor estrés respecto a los otros tratamientos. El cambio en las condiciones climáticas y la entrada en receso del cultivo ponen fin al estado de estrés, aunque esto no se reflejó en el potencial xilemático de la vid. En ninguno de los dos casos (olivo y vid) la mayor intensidad de poda generó un efecto significativo respecto a la poda intermedia.

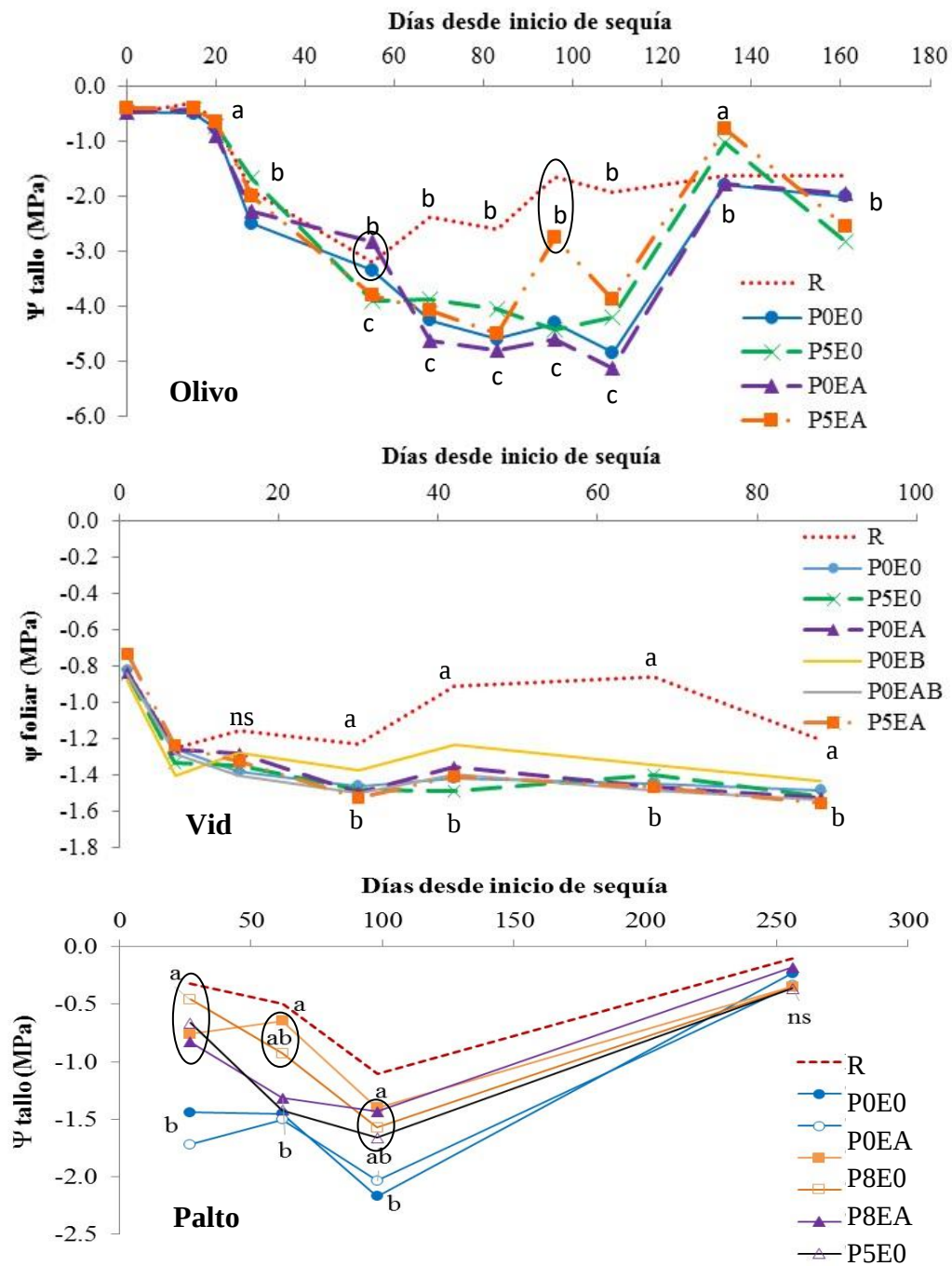


Figura 2. Potencial xilemático de los cultivos sometidos a sequía en la segunda temporada. Se presentan los tratamientos más relevantes/contrastantes, donde R es el control regado, P son los niveles de poda y E las enmiendas (A, ácido húmico; B, bacterias; AB, mezcla). Letras distintas denotan diferencias estadísticas significativas.

Finalmente, en el caso del palto, el factor determinante para prevenir el estrés fue la reducción de la biomasa aérea, alcanzando niveles de potencial de tallo mayores en la medida que aumentó la intensidad de la poda. El factor enmienda no fue relevante durante la sequía, lo que no descarta que pueda serlo durante el proceso de recuperación de la planta. En las plantas sin poda, los niveles de potencial de tallo disminuyeron a valores menores a -2,0 MPa, correspondiendo a un estrés severo para palto.

En todos los casos, la transpiración, la conductancia estomática y la asimilación presentaron comportamientos similares entre sí, por lo que a modo de ejemplo, la Figura 3 presenta los valores de conductancia estomática para los diferentes ensayos. Se puede observar que la conductancia estomática, particularmente en palto, disminuyó a valores inferiores a $0,05 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, por lo que las plantas alcanzaron niveles de estrés hídrico severo, afectando negativamente la eficiencia de uso de agua, dada la caída en paralelo de la asimilación neta.

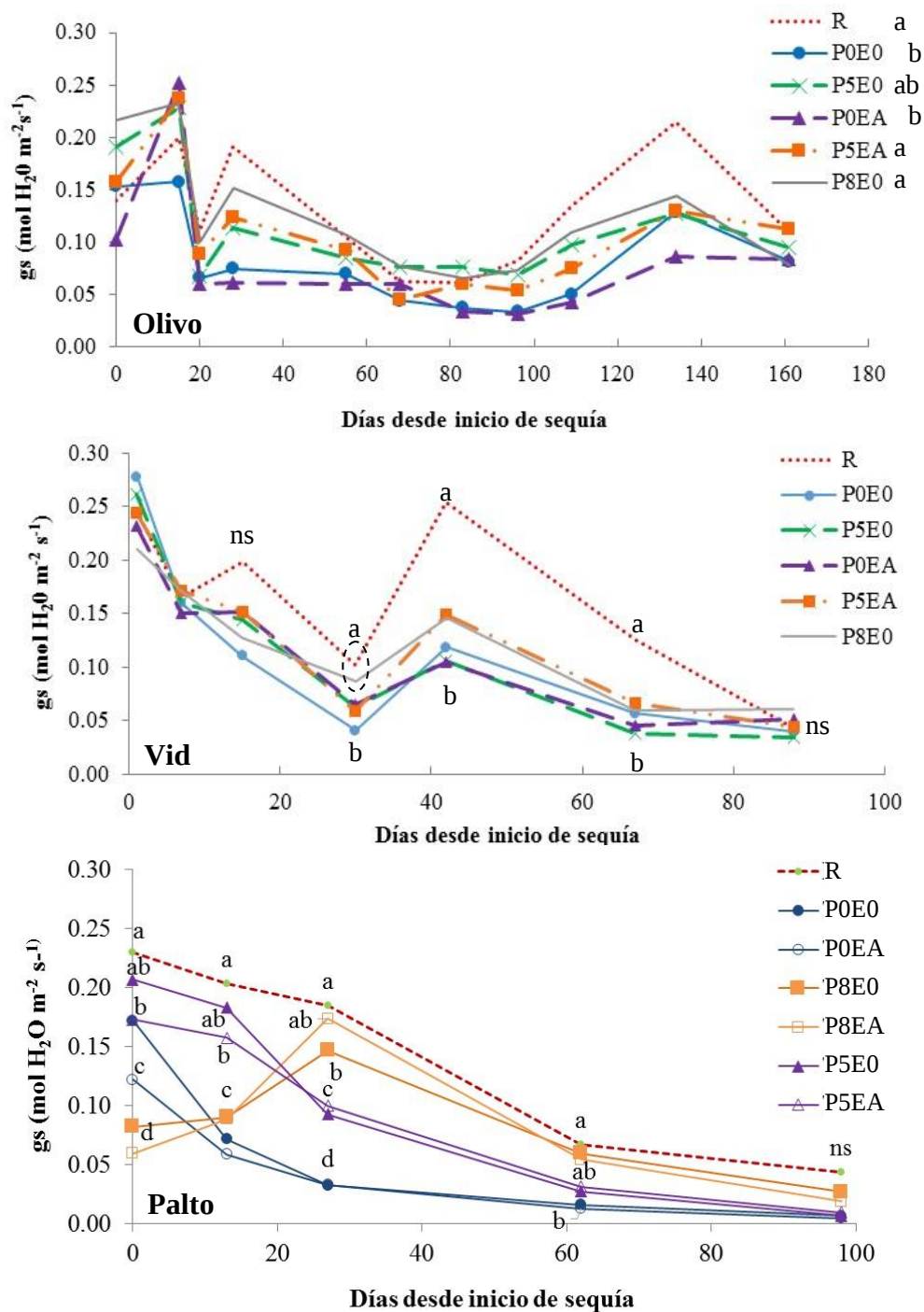


Figura 3. Conductancia estomática (g_s) de los cultivos sometidos a sequía. Letras distintas denotan diferencias estadísticas significativas, en el caso de los olivos, a nivel de tratamiento independiente de la fecha.

En el caso del olivo, el manejo con podas y/o el uso de enmiendas de suelo promueven una mejor condición para la planta, pero la ausencia de poda en conjunto con la enmienda poseen un efecto contraproducente. En vid se mantiene la tendencia, aunque sin diferencias significativas entre tratamientos, y siempre en una peor condición respecto a la condición bajo riego. En palto, al igual que con el potencial de tallo, el factor clave para la planta resulta ser la poda, donde el corte a tocón (P8E0 y P8EA) al cabo de 30 días logra la recuperación de la actividad de la planta, por una rápida brotación post corte, al punto que alcanza al tratamiento regado. El descenso de la gs posterior al día 30 en palto responde al cambio en las condiciones climáticas, básicamente menor demanda atmosférica a partir del mes de marzo.

La fruta en el caso del palto no podado tuvo una deshidratación severa, por lo que **ante una inminente sequía, en que no se podrá regar un cultivo por un considerable periodo de tiempo, los manejos deben considerar el eliminar los frutos para evitar la demanda fotosintética y reducir la actividad de la planta al mínimo**. Con esto se favorecería una mejor recuperación de la planta una vez que se reponga el riego. Por otra parte, dado que la poda elimina fruta y por ende la demanda por asimilados, **queda la posibilidad de intensificar la poda en cultivos como el olivo**, llegando al concepto de poda a tocón, en caso que se pronostique una sequía de larga duración.

Variables de suelo

Como resultado del manejo con enmiendas, se generan algunos cambios en las propiedades del suelo que se relacionan con el potencial de enraizamiento y la disponibilidad de agua para el cultivo. Dado que la vid y el olivo se caracterizan por un sistema radical que es capaz de explorar suelos densificados, en el caso de los ensayos de sequía se observó una profundización del patrón de enraizamiento a consecuencia de la sequía. Para el caso del palto (camellones de matriz franca-fina), la Figura 4 presenta la densidad aparente y la resistencia mecánica al cabo de un mes de aplicada la enmienda, justo antes del inicio de la sequía.

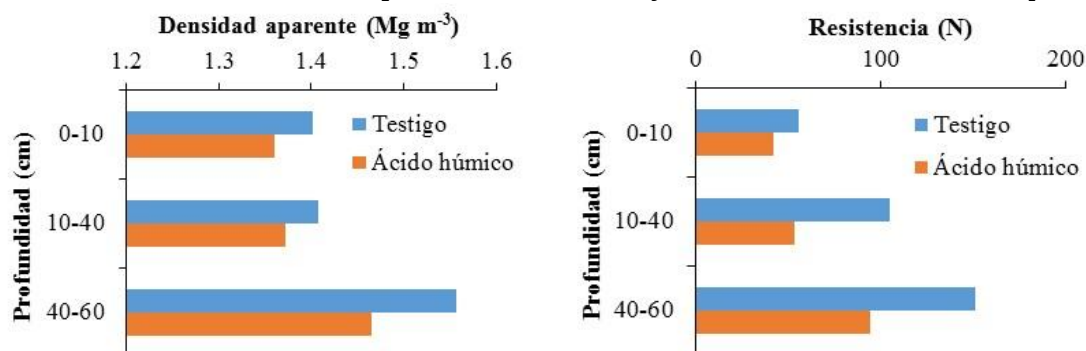


Figura 4. Valores de densidad aparente y resistencia mecánica en camellones tratados con enmienda húmica en relación al control sin enmienda, en el ensayo de palto sobre camellón.

Es conocido el efecto benéfico de las enmiendas húmicas sobre las propiedades físicas del suelo, lo que en definitiva favorece el crecimiento radical; sin embargo, en condiciones de sequía esto puede ser contraproducente, por cuanto una mayor exploración de raíces, si bien permite el acceso a nuevas fuentes de agua, también favorece una mayor extracción de ésta. Para el caso del palto, frente a una sequía el factor clave es la poda, sin embargo, no resta importancia el favorecer la condición de suelo para una pronta recuperación productiva una vez finalizada la sequía. Es así que las enmiendas fueron efectivas en incrementar tanto el agua aprovechable del suelo como la porosidad gruesa de aireación (Figura 5).

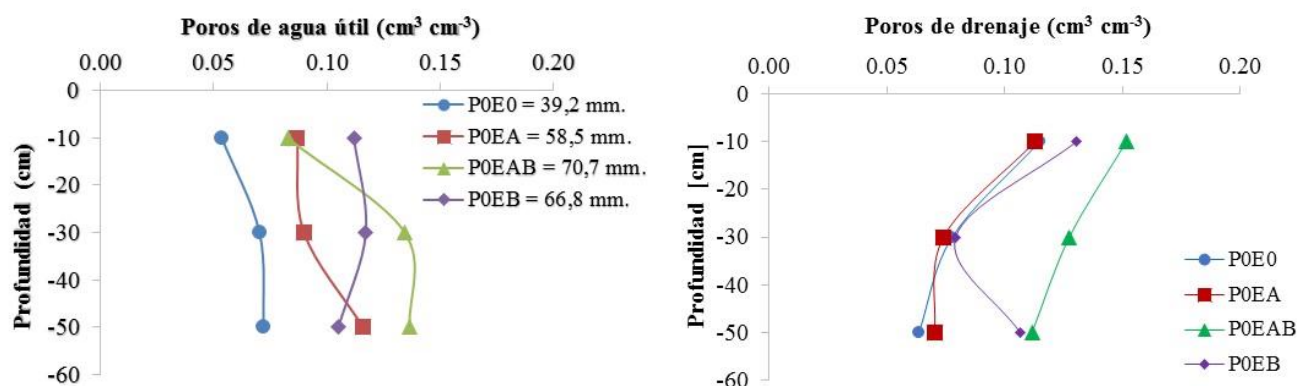


Figura 5. Agua aprovechable del suelo (izquierda) con su equivalente en mm para una profundidad de 0-50 cm y, poros gruesos ($>50 \mu\text{m}$, derecha) en vid y olivos, respectivamente.

Sin embargo, el resultado de la Figura 5 no es constante ni válido en todos los ensayos. Por ejemplo, en el ensayo de palto se vio favorecida la porosidad gruesa por efecto de la enmienda, no así la retención de agua. **Es decir, el efecto de las enmiendas es temporal y no se manifiesta de la misma manera en todos los casos**, por lo que los impactos sobre la funcionalidad del suelo se deben analizar de manera individual según sea el caso.

Respuesta productiva a los manejos

Si bien al generarse una sequía severa no se tiene como objetivo final la producción comercial, sino la sobrevivencia del huerto, resulta igualmente interesante evaluar el rendimiento y la calidad de la fruta en los respectivos ensayos (Figura 6).

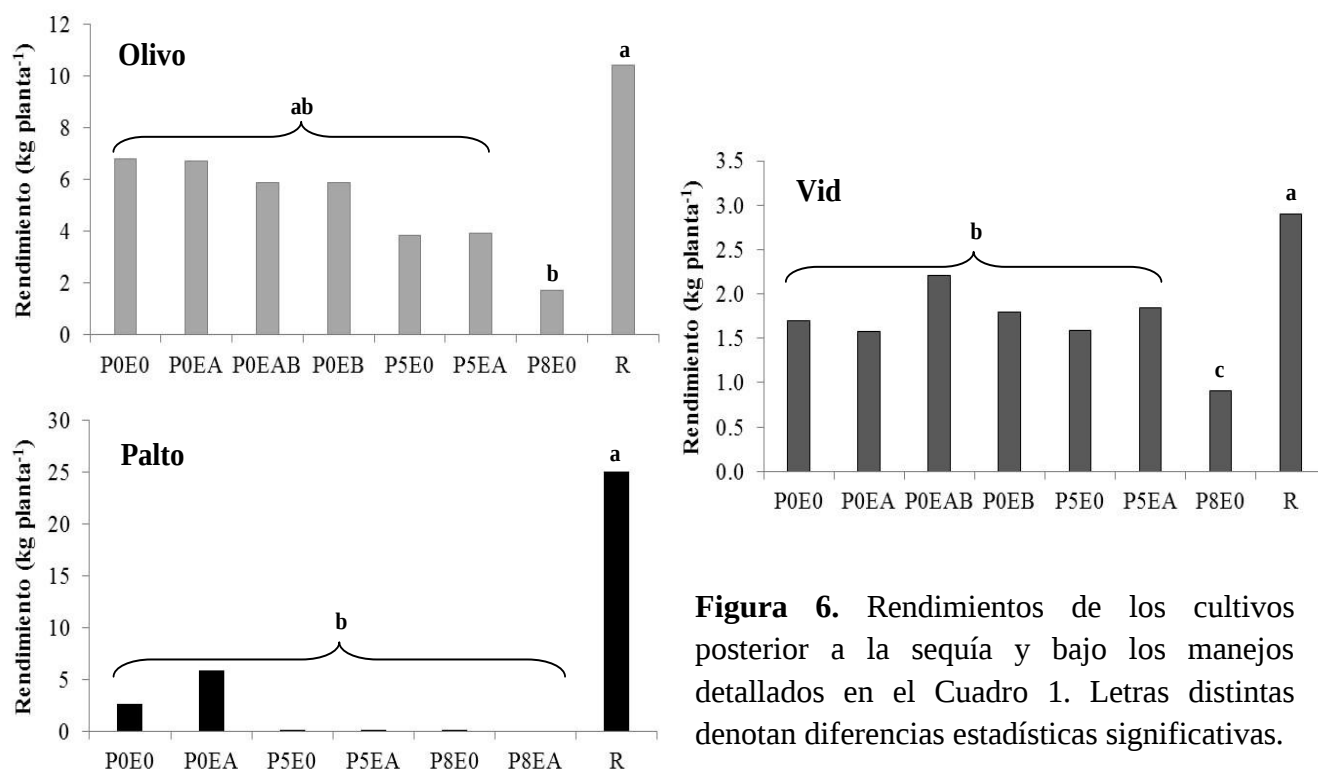


Figura 6. Rendimientos de los cultivos posterior a la sequía y bajo los manejos detallados en el Cuadro 1. Letras distintas denotan diferencias estadísticas significativas.

Para el caso del olivo, la reducción de rendimiento fue proporcional a la intensidad de poda, en tanto la vid, aunque sin diferencias significativas con los tratamientos equivalentes, presentó una acción sinérgica en la aplicación conjunta de las enmiendas (P0EAB), siendo nuevamente

el factor determinante la intensidad de la poda. En el ensayo en palto, dada la mayor intensidad de esta labor, el rendimiento se ve severamente reducido al eliminar carga y puntos de fructificación. En cuanto a los indicadores de calidad (Figura 7), tanto en olivo como en vid no se generaron diferencias significativas con respecto al control regado, aunque en el caso de los olivos sin poda, los frutos presentaron una disminución de tamaño, un nivel de deshidratación severo y un adelanto en la maduración.

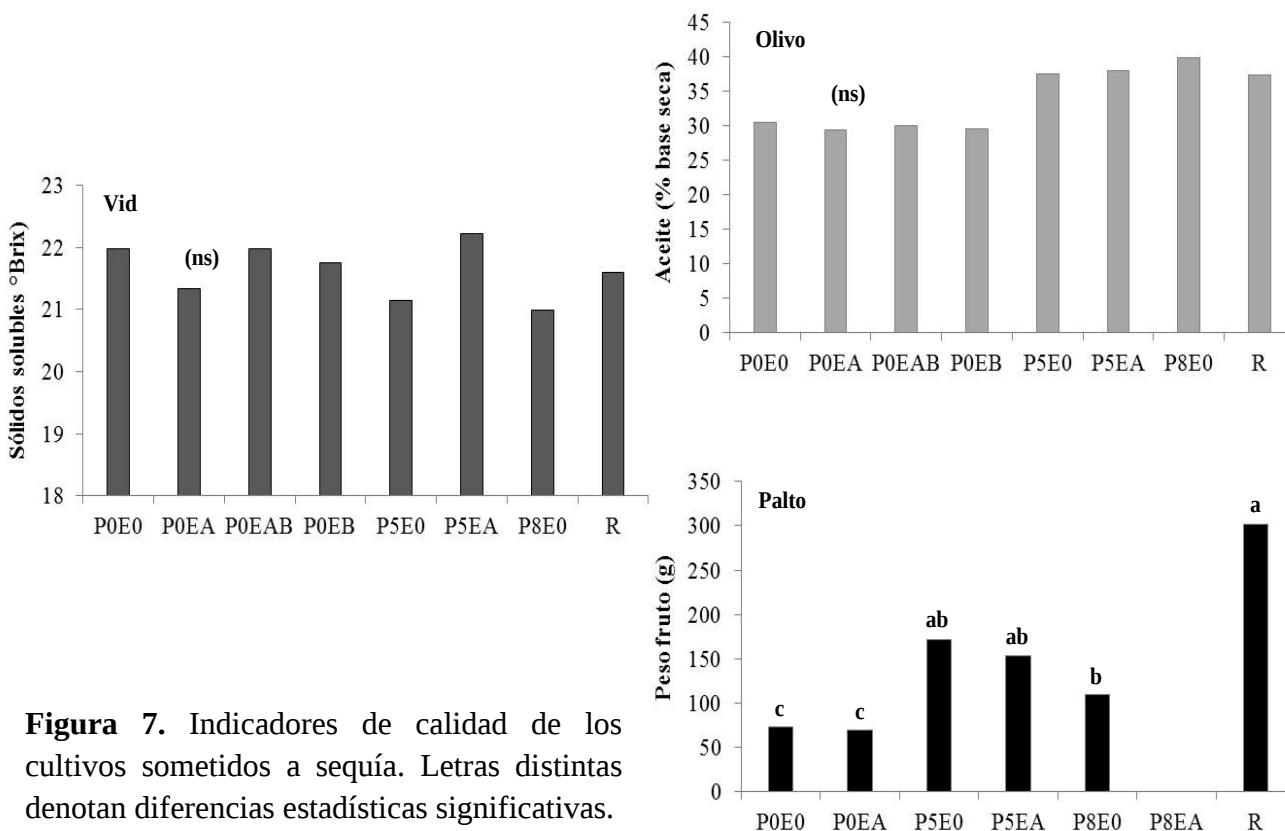


Figura 7. Indicadores de calidad de los cultivos sometidos a sequía. Letras distintas denotan diferencias estadísticas significativas.

En el caso de la vid, no se generaron diferencias en los sólidos solubles ni en la acidez titulable; esta última varió en el rango de 0,43 a 0,48 g L⁻¹, incluido el tratamiento con riego. Si bien se podría esperar que esta variable se viera afectada por la mayor temperatura de las bayas en los tratamientos podados, se mantuvo constante en los diferentes tratamientos, lo cual resulta positivo si dentro de la temporada de sequía aún se tienen expectativas de una producción comercial de calidad. Sin embargo, es necesario tener presente que el rendimiento disminuirá a aproximadamente la mitad del potencial (control regado, R) y hasta a un tercio de éste, en el caso de una poda severa (P8E0). En el caso del palto, considerando que los tratamientos P0E0 y P0EA vieron reducido su rendimiento a menos de un quinto del potencial, y que en el resto de los tratamientos con sequía la producción fue casi nula, la diferencia en el peso del fruto pierde relevancia, y ante una inminente sequía la recomendación es eliminar la carga frutal y esperar recuperar la planta en el corto plazo.

Para conocer los resultados de la recuperación productiva post-sequía (una vez repuesto el riego), se les invita a revisar la publicación **Estrategias de gestión del riego para aumentar la productividad y la sustentabilidad de los sistemas frutícolas. Experiencias frente al proceso de aridización**, disponible en internet, donde se comprueba la eficiencia de la acción conjunta de podas y enmiendas.

CONCLUSIONES

El manejo de podas y enmiendas de suelo en cultivos frutales sometidos a una condición de sequía poseen resultados que dependen de la especie, siendo el factor clave en paltos la aplicación de podas, en tanto en olivos y vid se presenta una sinergia en la acción conjunta de podas y enmiendas de suelo.

La poda fue efectiva en reducir la interceptación de radiación en todos los casos, sin diferencias significativas entre las intensidades de poda, por lo que se recomienda la intensidad intermedia para promover la rápida recuperación (fisiológica y productiva) de los cultivos en caso que la sequía sea de una temporada. Sin embargo, ante una sequía de mayor duración, la poda severa puede ser una herramienta recomendable.

Las enmiendas orgánicas promovieron una mejoría general de las propiedades físicas del suelo, con una disminución de la densidad aparente y la resistencia mecánica, además de un aumento de la porosidad gruesa y del agua aprovechable, lo que favorece la exploración radical de los cultivos.

En olivos, la implementación de una poda de mediana intensidad, en conjunto con la aplicación de ácido húmico al suelo, genera una menor condición de estrés en la planta, evaluada a través de variables fisiológicas, las cuales presentarán una rápida recuperación posterior a la primera lluvia. Si bien se obtienen rendimientos menores bajo la condición de sequía, de manera proporcional a la intensidad de poda, el contenido de aceite no se ve afectado, aunque en plantas sin poda la deshidratación de la fruta es mayor que en plantas podadas.

En vid, el tratamiento con aplicación de bacterias fijadoras de nitrógeno favorece un menor estrés en las plantas después del corte de riego, aunque sin diferencias estadísticas significativas respecto al resto de los tratamientos. Por su parte, el tratamiento con aplicación de chapoda al 80% por sí solo, presenta un buen desempeño fisiológico, igualándose con el control regado. Si bien el rendimiento disminuye de manera proporcional a la intensidad de poda, las variables de calidad, evaluadas como sólidos solubles y acidez titulable, no se ven afectadas en relación al control regado.

En palto, los tratamientos podados logran mantener el funcionamiento fisiológico durante el periodo de sequía, diferenciándose la poda severa de la poda a tocón durante el desarrollo de ésta. En el caso de la poda severa, que deja una proporción de biomasa aérea, el funcionamiento fisiológico disminuye durante la sequía, en tanto la poda a tocón promueve una rápida brotación y recuperación de la planta hasta 30 días de iniciada la sequía. Pese a que los potenciales de brote de los tratamientos podados se comportan igual que el control, se recuperan de mejor manera posterior a la primera lluvia. En este cultivo, el rendimiento se ve fuertemente afectado, por lo que el manejo debe apuntar a salvar el huerto, eliminando toda la carga frutal.

