



• RIEGO EN KIWIS •

• AUTORES

1 Arturo Calderón Orellana

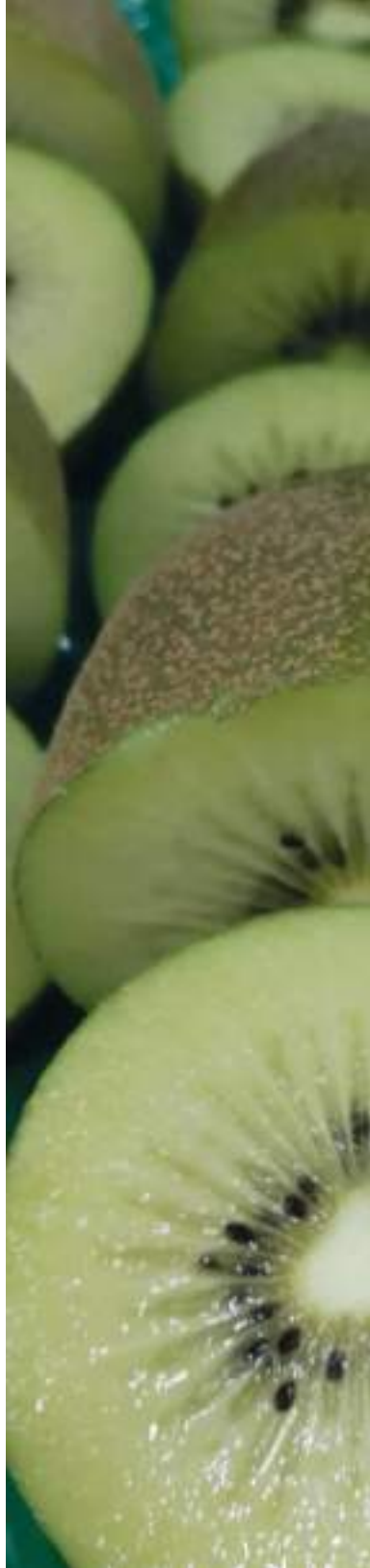
Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía,
Departamento de Producción Vegetal
Laboratorio de Relaciones Hídricas de Cultivos Frutales

2 Catalina Atenas

CER
Departamento de Producción

3 Diego Silva

Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía,
Departamento de Producción Vegetal
Laboratorio de Relaciones Hídricas de Cultivos Frutales





• INDICE

- 4 Reseña proyecto
- 5 Presentación manual
- 6 Necesidad de agua del kiwi chileno
- 8 Sistemas de riego en kiwi
- 10 Condiciones del suelo
- 13 Evapotranspiración
- 14 Transpiración
- 17 Como estimar la evapotranspiración
- 19 Cálculo de la necesidad de agua de riego en kiwi
- 21 Frecuencia de riego
- 23 Tiempo de riego
- 27 Estrés hídrico
- 31 Riego deficitario controlado en kiwi
- 32 Tratamientos de riego
- 37 Bibliografía
- 40 Agradecimientos

reseña proyecto

El proyecto “Transferencia de técnicas de riego deficitario controlado en kiwi” es ejecutado por el CER en colaboración con la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción desde el año 2015, gracias al financiamiento del Gobierno Regional de O’Higgins a través de su Fondo para la Innovación y Competitividad Regional.

El objetivo general del proyecto apunta principalmente a validar y difundir técnicas de riego deficitario controlado optimizando la calidad del fruto, la eficiencia hídrica y energética en post de mejorar la rentabilidad del negocio en huertos de kiwi establecidos en la Región de O’Higgins.

La iniciativa surge de la necesidad de incorporar el riego deficitario controlado como una técnica más dentro del manejo del kiwi, lo cual no se había estudiado previamente en el país, pero sí había antecedentes de su uso en países como Nueva Zelanda. Esto cobra relevancia considerando que cada año existen mayores problemas con el manejo de agua de riego en periodos de máxima demanda a causa del cambio climático y que en general el kiwi es un cultivo que suele caer en prácticas de sobre riego con el objetivo de emular las condiciones de su centro de origen, donde hay una gran pluviometría y humedad relativa del aire. De este modo, uno de los principales hitos del proyecto ha significado cuantificar que la máxima demanda hídrica del kiwi en Chile va desde los 7 hasta los 10 mil metros cúbicos por hectárea, mientras que en la Región de O’Higgins se han registrado riegos sobre los 15 mil metros cúbicos, lo cual afecta la calidad de la fruta, aumenta los costos energéticos y de manejo fitosanitario, e impide que otros cultivos frutales puedan ser regados adecuadamente, entre otras problemáticas.

La aplicación de esta técnica de riego está orientada principalmente a mejorar la calidad de la fruta, sin mermar la productividad de los huertos. Usualmente no es una estrategia utilizada en la producción de fruta fresca por el temor a caer en un estrés hídrico severo y bajar el rendimiento, sin embargo, más de tres años de investigación en cinco huertos comerciales de la Región, nos han demostrado que se pueden obtener resultados positivos en calidad de fruta con una aplicación tardía, sin afectar la productividad de la temporada siguiente





presentación manual

El kiwi es un frutal que se caracteriza por un alto consumo de agua durante su desarrollo, el cual según datos de la FAO puede llegar a 80 m³ por hectárea al año. Considerando que Chile es uno de los principales exportadores de este cultivo, y que la zona central en donde se concentra la mayor superficie está viviendo cada vez más un escenario de escasez hídrica, es que el Centro de Evaluación Rosario y la Universidad de Concepción se propusieron el año 2015 estudiar una de las principales alternativas que tiene efecto en disminuir el agua de riego aplicada sin afectar en términos negativos la calidad de fruta: el riego deficitario controlado.

El presente manual muestra los principales resultados del proyecto “Transferencia de técnicas de riego deficitario controlado en kiwi” financiado por el Gobierno Regional de O’Higgins y que tienen relación con la aplicación de regímenes de riego deficitario controlado (RDC) tardío y su efecto en la calidad de fruta, además de presentar en forma fácil y didáctica los efectos que tiene la aplicación de RDC en las plantas a nivel fisiológico y productivo al ser evaluadas por 2 temporadas consecutivas.

Como investigadores creemos que este manual será de gran ayuda para la industria, en especial para los productores, asesores y exportadoras ya que tendrán la posibilidad de ver resultados bajo las condiciones climáticas y el manejo agronómico local.

Los invitamos a usar y aplicar este manual, cuyo contenido es parte de un arduo trabajo de 3 años en 5 huertos de la Región de O’Higgins y que esperamos se pueda seguir actualizando a través de su participación en todas las instancias de investigación que se realizan en kiwi en el país

Agradecemos el esfuerzo y participación de todos y cada uno de quienes han hecho posible la realización de este manual

Les saludan afectuosamente,

Los autores.

necesidad de agua del kiwi chileno

El kiwi es una liana originaria del Sureste de China, específicamente de zonas montañosas cercanas a las costas, cuyo clima monzónico, caracterizado por una gran cantidad de precipitaciones (1.000 mm) y alta humedad relativa, le aseguran un adecuado suministro hídrico durante todo el año. A diferencia del centro de origen y de algunas de las principales zonas exportadoras de kiwi, tales como Nueva Zelanda y la zona norte de Italia, la producción de este frutal se distribuye en una zona geográfica con veranos secos, una marcada concentración de las precipitaciones en los meses de invierno (junio-agosto), y una alta demanda hídrica en los meses de verano (diciembre-marzo). Consecuentemente, la producción comercial del kiwi en Chile requiere de la aplicación de elevadas cargas hídricas para satisfacer la demanda evaporativa entre brotación y cosecha. (Figura 1)

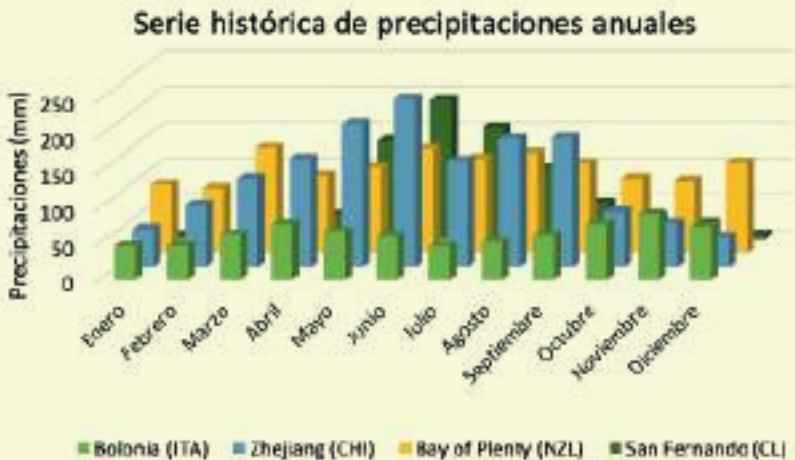


Figura 1: Serie histórica de precipitaciones anuales para zonas productoras de kiwi de importancia mundial en Italia (Bolonia), China (Zhejiang), Nueva Zelanda (Bay of Plenty) y Chile (San Fernando).

La cantidad de agua de riego que pueden necesitar las plantas de kiwi es variable y no sólo depende de las condiciones climáticas, sino también de las características propias del cultivo y del manejo agronómico de los huertos. Aunque varias investigaciones han sugerido que los mejores rendimientos se obtienen con aplicaciones de agua cercanas a los 10.000 m³/ha (Holzapfel et al., 2000), en Chile es común encontrar huertos regados con una cantidad de agua superior a lo recomendado por estos trabajos.



Figura 2: Cantidad de agua aplicada en 6 huertos del país expresado como m³/ha.

Resultados de un seguimiento del riego en 6 huertos de kiwi entre las regiones de O'Higgins y del Ñuble en Chile, mostraron una aplicación de agua de riego promedio de 14.000 m³/ha, lo cual representaría un sobre-riego de un 140% con relación a los valores usualmente indicados como adecuados para este cultivo. Aunque las razones de esta práctica no están claras, se cree que el regar por sobre la demanda máxima del kiwi generaría condiciones microclimáticas similares a las del su centro de origen (De la Fuente, 1988), y por lo tanto, mejoraría el comportamiento productivo de las plantas. (Figura 2)

sistema de riego en kiwi

Los sistemas de riego más utilizados para el cultivo del kiwi en Chile son el de aspersión, surco y goteo. El empleo de sistemas de riego presurizados, aspersión y goteo, está asociado a una considerable reducción del consumo de agua en los huertos, en comparación con los sistemas de riego gravitacionales, tendido y surco. Esto se debe a una menor pérdida de agua por escurrimiento, evaporación y percolación profunda. (Figura 3)

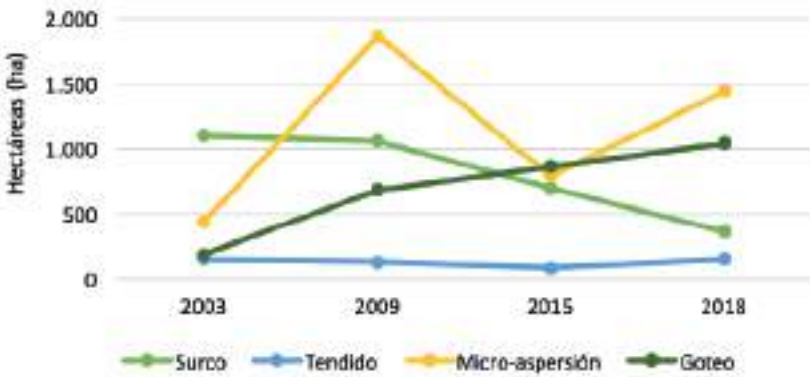


Figura 3: Evolución de los sistemas de riego utilizados en kiwi desde el año 2003 a 2018.



Cuadro 1: Principales características, ventajas y desventajas de cada sistema de riego empleado en kiwi.

Tiempo de Riego	Características	Ventajas	Desventajas
Tendido	El riego por tendido es una de las formas más antiguas de riego. Se caracteriza por ser un riego que utiliza la pendiente de la superficie para funcionar	Bajo costo de inversión No requiere consumo de energía	Alta pérdida de agua por infiltración Menor eficiencia en el uso del agua Desuniformidad en la distribución de agua Aumenta la incidencia de zonas con anegamientos o exceso de agua
Surco	En este tipo de riego el agua avanza por pequeños canales o surcos, de un sitio más alto a otro más bajo, es decir desde la cabecera hasta el pie. El agua puede en algunos casos avanzar entre sitios de igual altura. El riego por surcos se adapta a cultivos sembrados en línea como hortalizas y frutales, y debe adaptarse (tamaño de y profundidad de surcos) de acuerdo con el tipo de suelo.	Fácil manejo mantenimiento No requiere consumo de energía Alta capacidad de adaptación a tipo de suelos y pendientes	Baja eficiencia en el uso de agua (menos del 40%) Altamente erosivo La pendiente pronunciada del surco provoca una velocidad de avance del agua muy elevada, produciéndose una excesiva acumulación de agua Menor cantidad de agua infiltrada en la cabecera y mitad, aumentado desuniformidad de riego
Aspersión	El riego por aspersión permite aplicar el agua en forma de lluvia sobre la planta. El agua es conducida por tuberías a presión y al llegar al aspersor el chorro se rompe en muchas gotas que caen sobre el suelo.	Adaptación a terrenos con diferentes pendientes Sistema automático, con manejo a distancia Alta eficiencia de uso del agua (80%) Se adapta a suelos con texturas pesadas (permite riegos frecuentes)	Requiere una elevada presión para su funcionamiento Pérdidas por evaporación Alta inversión inicial Aumento en la incidencia de hongos de la madera
Microaspersión	Este método de riego consiste en la aplicación de agua al suelo en gotas muy pequeñas. Requiere una presión de 1,6 kg/cm ² . El diámetro de mojado que genera el microaspersor puede ser de alrededor de 3-4 metros. Los microaspersores se clavan con un soporte en el suelo o también se cuelgan por encima de las plantas (microjets).	Se adapta a suelos con texturas pesadas (permite riegos frecuentes) Se puede adaptar como método activo contra las heladas Puede ser monitoreado a distancia mediante la automatización.	Aumenta el escurrimiento superficial en suelos con pendiente Alta inversión inicial Se debe realización una limpieza y mantenimiento minuciosa de los microaspersores.
Goteo	Consiste en la aplicación de agua en forma de gotas de manera continua en un lugar próximo a la planta, mojando solo parte del volumen de suelo (30% del suelo). Es un riego de alta frecuencia donde se debe reponer el agua que la planta consumió uno o dos días atrás. En este método, en el suelo se forma un bulbo húmedo debajo de cada goteo donde la planta desarrolla una mayor cantidad las raíces.	Utiliza menos presión que los otros métodos de riego presurizados (1,2 kg/cm ²) No necesita mano de obra, solo alguien relativamente especializado que entienda el funcionamiento y el mantenimiento del sistema. Alta eficiencia en el uso del agua Se puede utilizar el sistema para realizar fertilizaciones (fertiriego).	Método es que requiere un alto costo inicial Necesita un buen sistema de filtrado para que no se tapen los goteros Requiere fuente de agua constante (alta frecuencia de riego) Proclive a aumentar la contaminación del suelo y napas subterráneas con sales

En un estudio con kiwis de la variedad Hayward en Chile, Holzapfel et al., (2000) reportó que plantas regadas a través de micro-aspersión produjeron un 37% más que aquellas regadas por goteo, lo cual se atribuyó a una mejor exploración de suelo y oxigenación por parte de las raíces de planta regadas por micro-aspersión. Recientemente, Salazar (2019) no encontró diferencias en calidad de la fruta, ni en rendimiento por hectárea entre plantas de kiwi regadas por goteo y micro-aspersión para una aplicación de agua de riego de 100%, 130%, y 160% de la demanda máxima del cultivo.

condiciones del suelo

El centro de origen del kiwi posee suelos profundos (hasta 4 m), arenosos, ricos en humus y con buen drenaje, lo cual facilita el movimiento rápido de las grandes cantidades de agua provenientes de las precipitaciones, y permite mantener niveles de humedad y oxígeno adecuados para el crecimiento de raíces.



Figura 4: Anegamiento de la sobrehilera debido al escurrimiento superficial del agua en kiwis sobre suelos con limitantes de drenaje y baja velocidad de infiltración.

En Chile, muchos kiwales se han establecido en suelos poco profundos, con un alto contenido de arcillas y una baja porosidad, lo cual restringe la velocidad de infiltración, el drenaje y disminuye el oxígeno en la zona de las raíces. Un estudio realizado en un huerto adulto de kiwis del cv. Hayward en San Nicolás, región del Ñuble mostró que el contenido volumétrico de agua en suelos arcillosos era 33% superior a la capacidad de campo de los mismos, observándose un importante nivel de escurrimiento superficial y una reducción de un 10% en el crecimiento de raíces finas (Silva 2018). Smith et al., (1990) encontraron una reducción lineal en el crecimiento de raíces finas, cuando plantas de 32 clones del cv. Hayward se mantuvieron en condiciones de anegamiento por más de tres días continuos.

El crecimiento de las raíces no sólo puede verse limitado por la falta de oxígeno en el perfil, sino también por la modificación de las características químicas de los suelos (Morlat and Jacquet 1993). Por ejemplo, es común ver síntomas de toxicidad por aluminio (Foy 1992), asociado a la acidificación del suelo producto de la descomposición de la materia orgánica (Campillo et al., 2006). Adicionalmente, cuando se producen grandes fluctuaciones en el contenido de humedad de los suelos, es común ver oxidaciones de hierro de color anaranjado asociadas a condiciones de mal drenaje (moteados).



Figura 5: Raíces de kiwi en un suelo con presencia de moteados producto de oxidaciones de hierro.

Otro efecto de una baja velocidad de infiltración del agua en el suelo es la generación de condiciones adecuadas para la transmisión y desarrollo de enfermedades, como por ejemplo *Phytophthora* spp. El contacto del agua libre con el cuello del tronco permite que las hifas de este hongo lleguen al tronco, generando la “Pudrición del cuello” y el colapso de la planta.



Figura 6: Pudrición de raíces como consecuencia del alto contenido de humedad en el suelo.

Por otro lado, el establecimiento de huertos de kiwi en suelos arenosos puede estar asociado a un mayor riesgo de desecamiento en la zona de raíces, especialmente en riegos de baja frecuencia. Bajo este tipo de manejo, la menor capacidad de retención de humedad en los suelos arenosos puede generar disminuciones abruptas en el estado hídrico de la planta que depriman el turgor mínimo para la elongación de las raíces (Acevedo 1979).

Por el contrario, en suelos francos, caracterizados por un porcentaje equilibrado de macro y microporos, el mayor intercambio gaseoso dentro del perfil permite un mayor y más uniforme crecimiento y desarrollo de raíces que en suelos arcillosos y arenosos (Morlat and Jacquet 1993).

En plantas jóvenes de kiwi (menores a 10 años), Gandar y Hugues (1988) han mostrado que el crecimiento de las raíces es mayoritariamente superficial y lateral, independiente del tipo de suelo en el cual estén establecidas. Por otro lado, en plantas de mayor edad, la zona radical se homogeniza horizontalmente dentro del perfil de suelo. Esto último concuerda con lo reportado por McAnaney y Judd (1983), quienes encontraron en “kiwales” adultos (15 años) que el tipo de suelo no afectaba mayormente el crecimiento horizontal de las raíces dentro del perfil, pero sí determinaba el crecimiento vertical.



evapotranspiración

La evapotranspiración se define como el paso del agua a través del continuo suelo-planta hacia la atmósfera, desde el estado líquido al gaseoso. Si la pérdida de agua ocurre directamente desde el suelo, se habla de evaporación, mientras que si esta ocurre a través de las plantas se denomina transpiración.

Cabe destacar que la evaporación y la transpiración ocurren en forma simultánea y su importancia va a depender del nivel de cubrimiento del suelo por parte del follaje. Por ejemplo, la evaporación es el proceso que predomina en la evapotranspiración de plantas jóvenes o con poco desarrollo vegetativo, mientras que la transpiración es más relevante cuando las plantas alcanzan un mayor desarrollo foliar.



transpiración

Aunque todos los tejidos vegetales pueden perder agua por transpiración, este proceso ocurre principalmente a través de unos poros muy pequeños ubicados en las hojas llamados estomas. En kiwi, los estomas están ubicados exclusivamente en el envés de las hojas y en una cantidad que es generalmente mayor al de la mayoría de las especies frutales. La densidad de los estomas y el grado de apertura de estos guarda directa relación con la facilidad con la cual los gases, tales como el vapor de agua y el dióxido de carbono, pueden moverse desde o hacia la atmósfera a través de las hojas, lo cual se denomina conductancia estomática. Esta variable fisiológica se mide experimentalmente con un instrumento llamado porómetro en hojas del tercio superior del dosel, bien iluminadas, y sin síntomas de daño por estrés biótico o abiótico.



Figura 7. Medición de la conductancia estomática a través de un porómetro. Imagen en la esquina superior derecha muestra los estomas de kiwi presentes en las hojas.

La magnitud de la transpiración durante la temporada depende del valor de la conductancia estomática, el área foliar de las plantas, y las condiciones climáticas que terminan la evaporación de agua, tales como la radiación solar, el déficit de presión de vapor, y la velocidad del viento.

Debido a que la conductancia estomática de las hojas varía durante la temporada, al igual que las condiciones climáticas que determinan la evaporación del agua, la magnitud de la transpiración en kiwi cambia a medida que se acerca la fecha de cosecha. En la región de O'Higgins, la medición de la conductancia estomática en seis huertos comerciales de kiwi durante las temporadas 2016-2017 y 2017-2018 mostró una importante variabilidad desde floración (fines de Noviembre) hasta un mes después de cosecha (Mayo). Los máximos valores de conductancia estomática se aproximaron a 800 mmol/m²s, y se registraron durante todo el mes de enero.

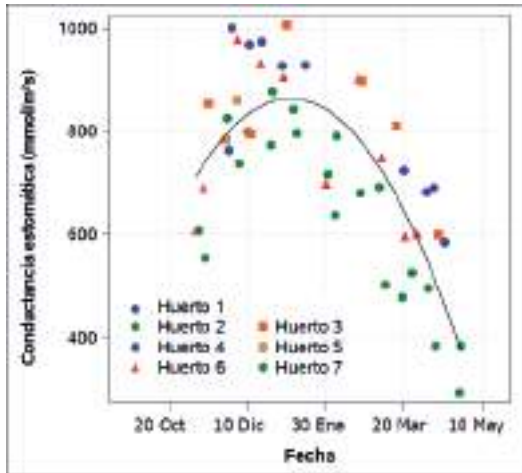


Figura 8. Conductancia estomática evaluada en diferentes huertos de la región de O'Higgins durante todo su ciclo de desarrollo (brotación a senescencia).



Figura 9. Principal forma de conducción del kiwi: parronal

Como toda liana, el kiwi presenta un hábito de crecimiento rastrero y una distribución de carbohidratos orientada a la formación de hojas, y no de madera. Debido a esto, es que los huertos de kiwi suelen exhibir un generoso desarrollo vegetativo (dosel o canopia). Esta característica le permite al kiwi ser un cultivo frutal eficiente en la intercepción de luz, pero muy demandante en agua, especialmente en sistemas de conducción que favorezcan el cubrimiento del suelo.

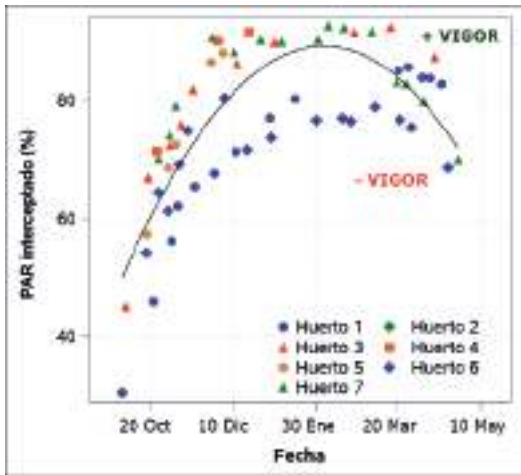


Figura 10: PAR interceptado en diferentes huertos de la region de O'higgins durante su ciclo de desarrollo (brotación a poscosecha).

En Chile, el principal sistema de conducción empleado en los huertos de kiwi es el “parronal”, también conocido como “pergola”, el cual puede alcanzar valores de intercepción de luz visible (PAR) sobre el 90%. Aunque este sistema de conducción permite acomodar grandes volúmenes de fruta (sobre 40 ton/ha), su uso está asociado a importantes requerimientos hídricos debido los altos valores de cobertura del follaje.

La cantidad de agua transpirada por el cultivo dependerá del porcentaje de cobertura que este alcanza. En la región de O'Higgins se observó una importante variabilidad en el porcentaje de intercepción de radiación fotosintéticamente activa (PAR) entre huertos comerciales de kiwi. Esto refleja diferencias en las tasas de crecimiento del follaje y la superficie foliar que definen a su vez criterios importantes de riego. Por ejemplo, los huertos menos vigorosos (huertos 1 y 6) tienen una menor intercepción de PAR durante la época de máxima demanda de agua (Enero-Febrero) (intercepción PAR ~75%), lo que significa que frente a una misma demanda hídrica, se deberán regar con una menor cantidad de agua que los huertos más vigorosos (huertos 2, 3, 4, 5 y 7) (intercepción PAR ~90%). Junto con esto, los huertos más vigorosos logran alcanzar su máximo desarrollo vegetativo antes que aquellos de menor vigor, lo cual implica que el aumento en la cantidad de agua aplicada ocurre también anticipadamente.

como estimar la evapotranspiración

Existen dos tipos de metodologías comúnmente empleadas para estimar la evapotranspiración de referencia, valor que permite saber cuánta es la pérdida de agua y así calcular la necesidad hídrica neta de un cultivo. El primero es el método FAO Penman Monteith (Allen et al 2006) y el otro es mediante el evaporímetro Clase A.

En este manual nos enfocaremos en el cálculo utilizando el método FAO Penman-Monteith, en donde las estaciones meteorológicas juegan un papel fundamental, puesto que calculan la evapotranspiración de referencia en forma automática a través de la siguiente ecuación:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (es - ea)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

En donde:

- ET₀ = Evapotranspiración de referencia del cultivo expresado en mm*día¹
- Rn = Radiación neta en la superficie del cultivo expresado en MJ*m²
- G = Flujo de calor del suelo expresado en MJ*m²
- T = Temperatura media diaria expresada en °C
- γ = Constante psicométrica expresada en KPa*°C¹
- U₂ = Velocidad del viento calculada a 2 metros del suelo y expresada como m*s⁻¹
- es-ea = Déficit de presión de vapor expresada en KPa*°C¹
- Δ = Pendiente de la curva de presión de vapor expresada en KPa*°C¹



El valor de evapotranspiración de referencia se calcula mediante estaciones meteorológicas automáticas, las cuales para que cumplan con los requerimientos de la FAO, deben contar con un radiómetro, un sensor de temperatura y humedad relativa del aire y un anemómetro que mide la dirección y la velocidad del viento.

Es importante considerar que la estación meteorológica debe estar instalada al centro de una superficie cultivada con una pradera de 12 cm de altura, sin problemas asociados a estrés biótico y abiótico, en un área libre de caminos, cursos de agua superficial, construcciones y a una distancia entre 7-10 veces la altura de la edificación más cercana.

En la actualidad, existen diferentes servicios que permiten estimar los valores de ETO en forma directa e instantánea mediante aplicaciones móviles e internet. Además, también está la opción para quienes no cuenten con una estación meteorológica propia, de acceder a datos climáticos y a los valores de ETO a través de las plataformas de Agromet (www.agromet.cl) o Agroclima (www.agroclima.cl) para descargar esta información.

La evapotranspiración se expresa en milímetros (mm) por unidad de tiempo, lo cual suele ser diario, aunque puede ser usado en horas, días, meses o incluso un año. Esto refleja la cantidad de agua “perdida” en una superficie expresada como altura de agua. En términos simples, si la pérdida equivale a 1mm/día es lo mismo que decir $10\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{día}^1$ (ya que 1 hectárea es igual a 10.000m^2 y 1 milímetro es 0,001 m).

Figura 11: Estación meteorológica apta para estimar la evapotranspiración.



cálculo de la necesidad de agua de riego en kiwi

La necesidad neta (NN) de agua de riego responde a la siguiente ecuación:

$$\text{NN} = \text{Agua evapotranspirada} - \text{Precipitación efectiva} - \text{Ascenso por capilaridad}$$

Donde la precipitación efectiva se define como el agua disponible para los cultivos que está en las zonas de las raíces y que las plantas pueden aprovechar, y el ascenso por capilaridad hace referencia al agua de las napas freáticas, si estas están presentes en la superficie donde se está realizando el cálculo. Además, hay que considerar una aplicación de agua adicional cuando hay presencia de sales, y también cuando el sector de riego es desuniforme (así se obtienen las necesidades brutas de agua).

Debido a que ETO responde a los cambios en las condiciones climáticas, como lo son la radiación solar y la temperatura, por ejemplo, este valor debe ser ajustado para cada zona y estación. De este modo, se calcula la evapotranspiración de cultivo (ETc), la cual se define como la cantidad de agua perdida por un cultivo y que responde a condiciones óptimas, es decir, un cultivo sano, con buena fertilización y producción y que tiene condiciones ideales de suelo y disponibilidad de agua.

Esta se calcula como,

$$\text{ETc} = \text{ETO} \times \text{Kc}$$

En donde la ETO se determina mediante la ecuación de Penman-Monteith y está expresado en mm, y el Kc corresponde al coeficiente de cultivo, el cual está determinado por el área foliar, la conductancia estomática, la arquitectura de la planta y factores de manejo como densidad de plantación. El Kc se ajusta durante la temporada de crecimiento de un cultivo y tiene relación con los estados fenológicos de desarrollo, de esta manera, por ejemplo, no se utiliza el mismo Kc durante el período de brotación o el de crecimiento de fruto.

Kc definidos por la FAO para el cultivo del kiwi en sus diferentes etapas de desarrollo fenológico.

Estado de desarrollo (Fenología)	Kc FAO
Brotación	0,40
Pre-Floración	0,40
Floración	1,05
Crecimiento inicial fruto (60 ddpf)	1,05
Crecimiento medio fruto	1,05
Precosecha	1,05
Postcosecha	0,4

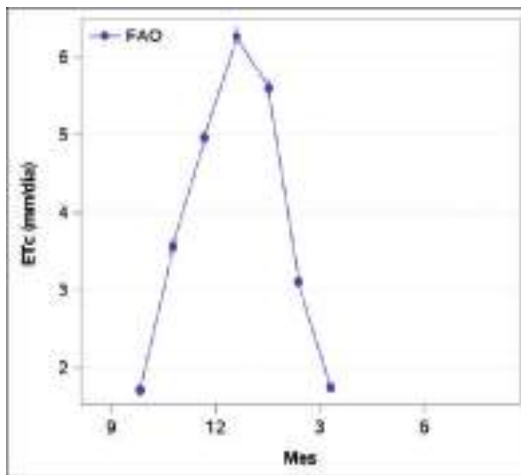


Figura 12: Cálculo de ETC a partir del Kc de la FAO y los datos de la estación meteorológica de Quinta de Tilcoco.

Utilizando los coeficientes de cultivo publicados por la FAO y la información meteorológica de la estación “Quinta de Tilcoco”, se observa que la máxima demanda evaporativa ocurre en el mes de enero, con un promedio de 6,5 mm/día. Los meses de máxima demanda (dic-ene-feb) coinciden con la época en la cual las plantas vigorosas alcanzan su máximo desarrollo foliar. La cantidad de agua total perdida entre brotación y senescencia se acerca a 7.500 m³/ha (demanda hídrica neta)

Frecuencia de riego

La frecuencia de riego se define como el tiempo transcurrido entre dos riegos sucesivos (por lo general son días). Las prácticas de riego tradicionales estimaban que se debía regar con altas frecuencias de riego (riegos diarios) para reponer el agua evapotranspirada, sin considerar factores de variabilidad entre sectores de riego o cuarteles como lo es, por ejemplo, el tipo de suelo. Diversos estudios han modificado esta práctica, por lo que los riegos con alta frecuencia son recomendados para suelos con una menor capacidad de retención de agua, como lo son los suelos de texturas más gruesas. En suelos más pesado y con una menor macroporosidad los riegos de una menor frecuencia (2 a 3 días) son los que han mostrado mejores resultados, ya que riegos diarios pueden provocar un exceso de agua en el suelo, teniendo por consecuencia en el caso del kiwi el aumento de pudriciones de raíces, y de moteados en el suelo.

Una forma de estimar la frecuencia de riego es a través de la información otorgada por el suelo mediante análisis físicos y químicos (capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente, pedregosidad, textura y presencia de sales, por ejemplo). Con este antecedente se puede determinar el contenido de agua disponible total de cada sector de riego, lo cual sumado a la ETC permiten estimar de forma más certera y adecuada el tiempo que transcurre entre dos riegos sucesivos.

Para calcular la frecuencia de riego (FR) se debe calcular la cantidad de agua disponible total (ADT) y la cantidad de agua fácilmente aprovechable (AFA). La ADT se calcula como:

$$\text{ADT} = \left[\frac{\text{CC}\% - \text{PMP}\%}{100} \right] \times Z_r \times \text{PSM} \times (1 - \text{Pied})$$

$$\text{ADT} = \left[\frac{\text{CC}\% - \text{PMP}\%}{100} \right] \times Z_r \times \text{PSM} \times (1 - \text{Pied})$$

ADT = total de agua disponible en la zona radicular (mm)

CC = Contenido de agua a capacidad de campo (% contenido volumétrico)

PMP = Contenido de humedad en el punto de marchitez permanente
(% contenido volumétrico)

Z_r = Profundidad de las raíces (mm)

PSM = Fracción de suelo mojado por los emisores de riego (%)

Pied = Fracción de piedras presentes en el perfil de suelo (%)

Ejemplo 1

Calcular ADT de un suelo Franco con una profundidad de raíces de 700 mm, una capacidad de campo de 38%, punto de marchitez permanente de 18%, sin piedras en el perfil y con un 0,5% de la superficie mojada por los emisores.

$$\text{ADT} = \left[\frac{(38 - 18)}{100} \right] \times 700 \times 0,5 \times (1 - 0)$$

$$\text{ADT} = 0,2 \times 700 \times 0,5 \times 1$$

$$\text{ADT} = 70 \text{ mm}$$

AFA= ADT x P

En donde P corresponde a la fracción de agotamiento o umbral de riego, el cual Según la FAO en cultivo de kiwi corresponde a 0,35 considerando una profundidad radicular máxima entre 0,7 y 1,3 m, es decir, significa que para no afectar el estado hídrico de la planta, es necesario reponer el riego cuando se consuma un 35% de la ADT.

Entonces, si consideramos el ADT calculado anteriormente, se obtiene que el AFA es

$$\text{AFA} = 70 \times 0,35$$

$$\text{AFA} = 24,5 \text{ mm}$$

Una vez calculados tanto ADT como AFA, se puede determinar la frecuencia de riego a través de la siguiente ecuación:

FR= AFA (mm)/ETc (mm/día)

Donde

FR = Frecuencia de riego

AFA = Agua fácilmente aprovechable expresado en mm

ETc = Evapotranspiración de cultivo expresado en mm/día

Si consideramos el AFA calculado anteriormente, con una ETc de 7 mm/día (período de máxima demanda) la frecuencia de riego sería la siguiente

$$\text{FR} = 24,5/7$$

$$\text{FR} = 3,5 \text{ días}$$

En este caso, el manejo del riego para el período de máxima demanda, se deberían reponer 24,5 mm o 245 m³/ha cada 3,5 días para mantener una buena relación entre el contenido de agua y aire en la zona de raíces.

tiempo de riego

El tiempo de riego se define como la cantidad de horas que debe operar un equipo de riego en cada sector para suplir la ETc del kiwi. Para calcular el tiempo de riego se debe considerar en primer lugar la evapotranspiración calculada, las precipitaciones presentes (denominada como precipitación efectiva) y la intensidad de precipitación del equipo de riego.

La ecuación para calcular el tiempo de riego es la siguiente

$$\mathbf{TR= NB/IPP}$$

Donde NB corresponde al requerimiento del riego del cultivo o necesidades brutas de agua expresada como mm/día. Para calcular la NB se debe considerar el valor de ETc, las precipitaciones (pp) y la eficiencia del equipo de riego (expresada en valores de 0 a 1) mediante la siguiente relación.

$$\mathbf{NB= (ETc-pp) / Eficiencia de equipo de riego}$$

La eficiencia de equipo de riego generalmente es de 90% para riego por goteo, 85% para microaspersión y 50% para riego por surco.

Otro factor necesario para calcular el tiempo de riego es el IPP, también conocido como intensidad de precipitación del equipo la cual se expresa como mm/h. Para poder conocer este valor se debe conocer el caudal de los emisores (goteros o microaspersores) expresado en L/h y el número de emisores por hectárea. La ecuación para su cálculo responde a

$$\mathbf{IPP= (Q x N^{\circ}e) / 10000}$$

IPP= intensidad de precipitación del equipo (mm/h)

Q = Caudal (L/h)

N[°]e = número de emisores/ ha

Es necesario acotar que este cálculo es válido cuando no existen problemas de sales, en caso de que existan, se debe restar la fracción de lavado de sales a la eficiencia del equipo.

Ejemplo 2

Determinar el tiempo de riego de un huerto de kiwi con riego por goteo con un caudal de 2L/h, donde el suelo no presenta problemas de altas concentraciones de sales. La eficiencia del equipo es de 90%. No hay precipitaciones durante el período de tiempo. $ET_c = 7\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$. El número de emisores por ha es de 9000

$$NB = (ET_c - pp) / \text{Ef. Equipo}$$
$$NB = (7 \text{ mm/d} - 0 \text{ mm}) / 0,9$$
$$NB = 7,7 \text{ mm/d}$$

$$IPP = (Q \times N^{\circ}e) / 10000$$
$$IPP = (2 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1} \times 9000) / 10000$$
$$IPP = 1,8 \text{ mm/h}$$

$$TR = 7,7 \text{ mm/d} / 1,8 \text{ mm/h}$$
$$TR = 4,3 \text{ h/d}$$

Si consideramos la frecuencia de riego calculada anteriormente en el Ejemplo 1 ($FR = 3,5 \text{ d}$), el tiempo de riego total por sector es de $3,5 \text{ d} \times 4,3 \text{ h}\cdot\text{d}^{-1} = 15$ horas de riego.

Es importante acotar que este cálculo se debe realizar considerando las condiciones propias del suelo para cada sector de riego, ya que esto determinará la fracción de agua aprovechable, valor que es determinante a la hora de calcular la frecuencia de riego. Otro factor importante es que los tiempos de riego y las frecuencias van variando a lo largo del ciclo del kiwi, ya que depende de la evapotranspiración la cual, como se presentó anteriormente, varía dependiendo del K_c para cada etapa fenológica.

CC %vol (Capacidad de campo)	35
PMP%vol (punto de marchitez permanente)	17
P (umbral de riego)	0,35
PSM (fracción de suelo mojado)	0,5 %
Pied (Pedregosidad)	0 %
Zr (profundidad de raíces)	1000 mm
ETc (evapotranspiración de cultivo)	7 mm/día
Q (Caudal)	20 L/h
N°e (número de emisores por hectárea)	450
Superficie	1 ha
Ef. Equipo	85 %

Ejemplo 3

Desarrollar un programa de riego para kiwi en el mes de enero utilizando datos diarios

Datos

1. Cálculo AFA (agua fácilmente aprovechable) del sector de riego

$$\mathbf{AFA = ADT \times p}$$

$$\mathbf{ADT = [(CC\% - PMP\%) / 100] \times Z_r \times PSM \times (1 - Pied)}$$

$$ADT = [(35 - 17) / 100] \times 1000 \times 0,5 \times (1 - 0)$$

$$ADT = 0,18 \times 1000 \times 0,5 \times 1$$

$$ADT = 90 \text{ mm}$$

$$AFA = 90 \text{ mm} \times 0,35$$

$$AFA = 31,5 \text{ mm}$$

2. Cálculo de frecuencia de riego

$$\mathbf{FR = AFA \text{ (mm)} / ET_c \text{ (mm} \cdot \text{día}^{-1}\text{)}}$$

$$FR = 31,5 \text{ mm} / (7 \text{ mm/día})$$

$$FR = 4,5 \text{ días}$$

3. Cálculo de tiempo de riego

$$\mathbf{TR = NB / IPP}$$

$$\mathbf{NB = (ET_c - pp) / Ef. \text{ Equipo}}$$

$$\mathbf{IPP = (Q \times N^{\circ}e) / 10000}$$

$$NB = (7 - 0) / 0,85$$

$$NB = 8,2 \text{ mm/d}$$

$$IPP = (20 \times 450) / 10000$$

$$IPP = 0,9 \text{ mm/h}$$

$$TR = 8,2 / 0,9$$

$$TR = 9,1 \text{ h/d}$$

Cuadro 2: Planilla ejemplo de programa de riego, utilizando datos diarios en un huerto de kiwi en enero (mes de mayor demanda hídrica)

Día	ET ₀	K _c	Etc (mm/d)	A capilar	Balance (mm/d)	Riego (mm/d)	TR (h)
1	7	1	7	0	31,5	24,5	9,1
2	7	1	7	0	24,5	17,5	
3	7	1	7	0	17,5	10,5	
4	7	1	7	0	10,5	3,5	
5	7	1	7	0	31,5	24,5	9,1
6	7	1	7	0	24,5	17,5	
7	7	1	7	0	17,5	10,5	
8	7	1	7	0	10,5	3,5	
9	7	1	7	0	31,5	24,5	9,1
10	7	1	7	0	24,5	17,5	
11	7	1	7	0	17,5	10,5	
12	7	1	7	0	10,5	3,5	
13	7	1	7	0	31,5	24,5	9,1
14	7	1	7	0	24,5	17,5	
15	7	1	7	0	17,5	10,5	
16	7	1	7	0	10,5	3,5	
17	7	1	7	0	31,5	24,5	9,1
18	7	1	7	0	24,5	17,5	
19	7	1	7	0	17,5	10,5	
20	7	1	7	0	10,5	3,5	
21	7	1	7	0	31,5	24,5	9,1
22	7	1	7	0	24,5	17,5	
23	7	1	7	0	17,5	10,5	
24	7	1	7	0	10,5	3,5	
25	7	1	7	0	31,5	24,5	9,1
26	7	1	7	0	24,5	17,5	
27	7	1	7	0	17,5	10,5	
28	7	1	7	0	10,5	3,5	
29	7	1	7	0	31,5	24,5	9,1
30	7	1	7	0	24,5	17,5	
31	7	1	7	0	17,5	10,5	

estrés hídrico

Las plantas de kiwi son muy sensibles a la falta de agua en comparación con otras lianas como por ejemplo las vides. Esto se debe principalmente a su alta conductancia estomática, incluso en situaciones donde el potencial hídrico de la planta y el suelo son bajos. El mantener los estomas abiertos en suelos secos genera una rápida deshidratación de la planta debido a que la elevada pérdida de agua por transpiración no puede ser compensada con la absorción de agua desde el suelo. Si el agua no es repuesta mediante el riego, los primeros en verse afectados es el crecimiento de los órganos, cuyas células no contarán con la turgencia suficiente para seguir creciendo. Si el agua no es respuesta a tiempo, los primeros órganos en dejar de crecer y deshidratarse serán las hojas (Figura 13).

Adicionalmente, debido a que las plantas jóvenes de kiwi poseen un crecimiento de raíces lateral y superficial, esta especie exhibe una baja capacidad de escape frente a una situación de déficit hídrico. En otras palabras, las plantas jóvenes tienen una exploración de raíces limitada e insuficiente para acceder a agua de reserva en los suelos más profundos.



Figura 13: Deshidratación de hoja de kiwi cv. Hayward por efecto de un estrés hídrico muy severo ($LWP < -1.4$ MPa)

La severidad del estrés hídrico se puede evaluar con varias herramientas fisiológicas, dentro de las cuales destaca la medición de potencial hídrico del brote o de la hoja con la cámara de presión. Esta herramienta mide el estado energético del agua, en donde un menor estado energético refleja una mayor deshidratación del órgano evaluado.

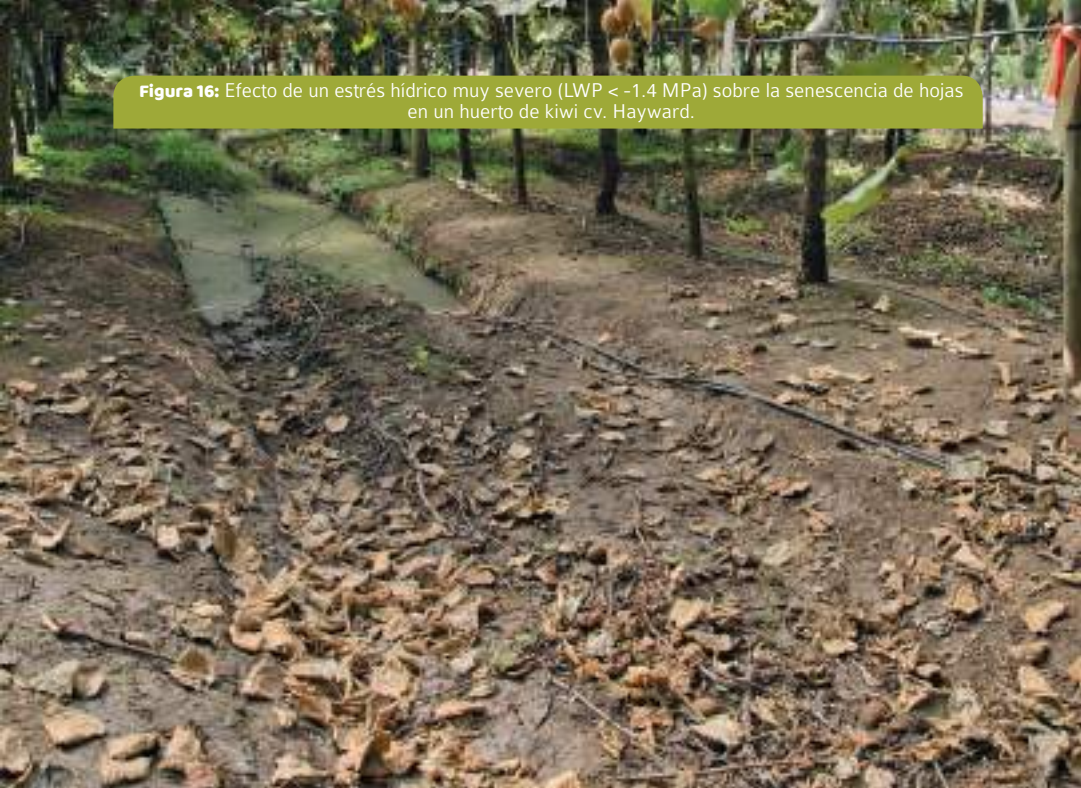


Figura 14: Cámara tipo Scholander para el cálculo de potencial hídrico



Figura 15: Medición de potencial hídrico en hoja mediante el uso de la bomba tipo Scholander.

Figura 16: Efecto de un estrés hídrico muy severo ($LWP < -1.4$ MPa) sobre la senescencia de hojas en un huerto de kiwi cv. Hayward.



En términos simples, una muestra de hoja (u otro órgano) es presurizado con gas en una cámara, y se registra la presión necesaria para sacar el agua desde la lámina hacia la atmósfera con un manómetro. El valor de la medición se registra en unidades de presión, bares o megapascales. Hojas de plantas deshidratadas requieren una mayor presión para sacar el agua, tal como ocurriría con un limón ya exprimido. La ventaja de la cámara de presión con relación a otras evaluaciones, como por ejemplo la determinación de la humedad del suelo, es que el potencial hídrico de la planta integra el efecto de la humedad del suelo y de la demanda por agua desde el ambiente. Esto significa que la medición del potencial hídrico de la planta es una evaluación representativa de muchas condiciones edafoclimáticas.

Uno de los primeros efectos generados por el estrés hídrico es la inhibición del crecimiento expansivo de los tejidos vegetales debido a la disminución en la turgencia de las células. Adicionalmente, cuando los potenciales hídricos de las hojas llegan a valores de $-0,9$ MPa se produce un cambio en la orientación de las mismas, lo cual tendrá como efecto una disminución en el área fotosintética de la planta (Judd et al., 1989). Cuando los valores de potencial hídrico de la hoja son inferiores a $-1,2$ MPa, se considera como un nivel de estrés hídrico severo, en donde se puede apreciar el marchitamiento y caída anticipada de las hojas. Las consecuencias de esta defoliación anticipada dependerán de la época de ocurrencia y la duración del estrés hídrico severo (Figura 16).

La pérdida anticipada de superficie foliar fotosintéticamente activa cercano a cosecha disminuye la protección de la fruta a la radiación directa del sol, aumentando la severidad de daños físicos a la fruta, tales como el golpe de sol y bronceado. Estudios recientes, han observado aumentos leves en los porcentajes de kiwis con “manchas de agua” en plantas desfoliadas a consecuencia de un estrés hídrico severo al finalizar la temporada (Calderón-Orellana- Datos no publicados).

En términos generales, valores de potencial hídrico de la hoja entre -0,7 y -0,5 MPa indicarían condiciones sin estrés hídrico, entre -1,0 y -0,7 MPa indicarían condiciones de estrés leve-moderado, entre -1,2 y -1,0 MPa indicarían un estrés moderado-severo, entre -1,5 y -1,2 MPa indicarían un estrés severo-muy severo, y bajo -1,5 indicarían un estrés extremadamente severo, donde se produce un importante grado de embolismo en el sistema conductor de agua en las plantas.

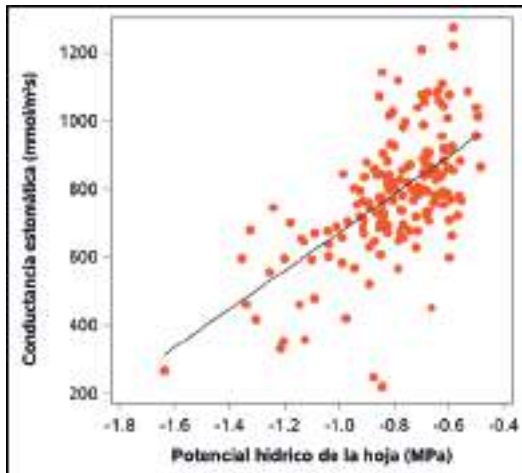


Figura 17: Relación entre conductancia estomática y potencial hídrico de la hoja en kiwis cv. Hayward y cv. Soreli.

Junto con la deshidratación de los órganos, el cierre de los estomas es otra respuesta de las plantas frente al déficit hídrico. A diferencia de otros frutales no arbóreos, como por ejemplo el arándano, el kiwi es conocido por ser una planta con una sensibilidad estomática moderada frente a la falta de agua en los suelos. La evaluación de la relación entre potencial hídrico y conductancia estomática en huertos de kiwi de la región de O'Higgins muestra que el aumento en la severidad del estrés hídrico induce el cierre de los estomas. Sin embargo, llama la atención la importante variabilidad en la respuesta estomática de las hojas. Mientras algunas plantas severamente estresadas (-1,2 MPa) muestran conductancias estomáticas altas (~800 mmol/m²s), otras han reducido sus valores de conductancia a la mitad.

En cuanto a los efectos sobre los frutos, la disminución de las tasas de elongación celular, por acción de la disminución del turgor, puede reducir el tamaño final de los frutos. Estudios italianos han reportado una disminución significativa del contenido de calcio en frutos de plantas severamente estresadas. En el caso de las raíces de plantas sometidas a estrés hídrico, como estrategia para llegar a fuentes de agua próximas se promoverá el crecimiento de raíces finas (Buwalda y Hutton, 1988), pero ya viéndose agotadas las fuentes cercanas de agua estas raíces comenzaran a verse afectadas por los efectos del estrés hídrico. Uno de los efectos más importantes del estrés hídrico sobre las raíces es la generación de promotores del etileno los cuales serán movilizados a las zonas superiores de la planta, localizándose en la base del pedicelo de la fruta pudiendo inducir la caída de la fruta (Silva – Datos no publicados).

riego deficitario controlado en kiwi

El riego deficitario controlado (RDC) es una técnica de riego en la cual se reduce la aplicación de agua por debajo de la demanda máxima de los cultivos durante ciertos estados fenológicos (Feres et al., 2007). La aplicación de prácticas culturales conservacionistas del recurso hídrico, tales como el RDC, puede contribuir no sólo a lograr un ahorro importante de agua de riego en los huertos, sino también a mejorar algunos aspectos de calidad de la fruta. Por ejemplo, el RDC ha sido exitosamente aplicado durante varias décadas en uva de vino, pues se sabe que la aplicación de un período de estrés hídrico está asociado a aumentos en la concentración de compuestos fenólicos y aromáticos que determinan la calidad enológica de las bayas (Roby et al., 2004). De manera similar, en ciruelo europeo y almendro, científicos de la Universidad de California han logrado reducir la aplicación de agua de riego hasta en un 40% sin disminuir la productividad, ni la calidad de las ciruelas secas o almendras (McCutchan y Shackel, 1992; Shackel et al., 2000). En kiwi, la aplicación de RDC ha mejorado significativamente algunos parámetros de calidad de fruta, tales como la firmeza de la pulpa, la cantidad de materia seca, y la concentración de sólidos solubles (Currie et al. 2008). Según Lagos et al., (2017), el empleo de RDC en kiwi puede llegar a ahorrar cerca de 100 dólares/ha por concepto de uso de energía eléctrica en actividades de riego, sin disminuir la producción ni la calidad de los frutos.



tratamientos de riego

Los siguientes tratamientos de riego fueron aplicados por dos temporadas consecutivas (2016-2017 y 2017-2018) en cinco huertos de kiwi de la Región de O'Higgins. De estos, cuatro huertos correspondieron al cultivar de pulpa verde Hayward, y uno al cultivar de pulpa amarilla Soreli.

Nombre Tratamiento	Descripción
Control	100% riego comercial
D50_3	50% riego comercial x 3 semanas previo a la cosecha
D50_5	50% riego comercial x 5 semanas previo a la cosecha
D100_3	0% riego comercial x 3 semanas previo a la cosecha

La aplicación de los tratamientos de RDC disminuyó el potencial hídrico de la hoja y del tallo en los huertos de kiwi. Sin embargo, la velocidad de esta disminución y el valor máximo de estrés alcanzado por las plantas dependió en gran medida del tipo de suelo presente en el huerto. Por ejemplo, para plantas de cv. Hayward en suelos arenosos, el potencial hídrico de las hojas pasó en el tratamiento 4 (100% corte) desde un valor sin estrés hídrico a un estrés severo, -0.75 a $-1,25$ MPa (Figura 18) en tan solo dos semanas, mientras que plantas en suelos franco-arcilloso demoraron una semana más en llegar a un estrés severo (Figura 19). Estas diferencias en la velocidad de deshidratación de las hojas son de vital importancia a la hora de desarrollar un programa de RDC, pues significa que se debe tener un control preciso y frecuente del estado hídrico de las plantas, y no confiarse en un número de semanas sin riego, especialmente en suelos de texturas gruesas con baja capacidad de retención de humedad.

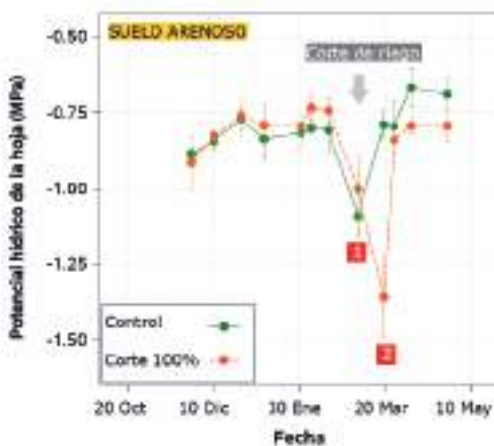


Figura 18: Potencial hídrico de la hoja en un huerto con suelo arenoso. Línea verde refleja en riego control del productor, y línea naranja la aplicación de RDC.



Figura 19: Potencial hídrico de la hoja en un huerto con suelo franco-arcilloso. Línea verde refleja en riego control del productor, y línea naranja la aplicación de RDC.

Como se puede ver, los tratamientos de riego disminuyeron el potencial hídrico en plantas del cv. Hayward (Figura 21) y Soreli (Figura 20). En ambos cultivares, el tratamiento D100_3 llegó a un máximo nivel de estrés hídrico de aproximadamente -1,2 MPa.

Si bien todos los tratamientos mostraron en ambos cultivares un mayor nivel de estrés que el Control por casi tres semanas, la fecha de corte de los tratamientos de RDC fue distinta para cada cultivar debido a las diferentes épocas de cosecha de Hayward y Soreli.

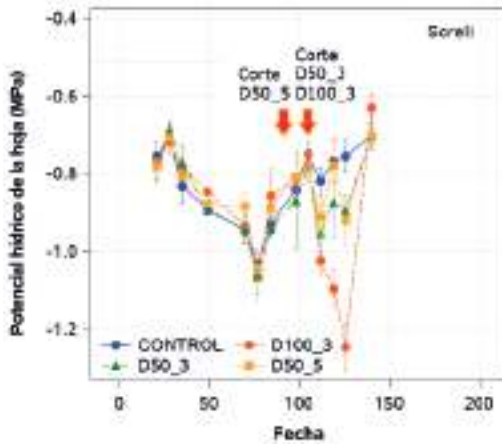


Figura 20: Potencial hídrico de la hoja en un huerto de kiwi amarillo variedad Soreli sujeto a cuatro tratamientos de riego durante las temporadas 2016-2017 y 2017-2018.

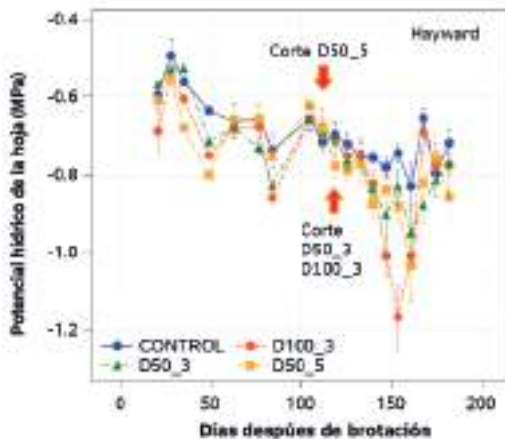


Figura 21: Potencial hídrico de la hoja en un huerto de kiwi amarillo variedad Hayward sujeto a cuatro tratamientos de riego durante las temporadas 2016-2017 y 2017-2018.

Pese a que las plantas con menores valores de potencial hídrico de la hoja y del tallo tendieron a mostrar los menores valores de conductancia estomática, los tratamientos de RDC no afectaron de manera consistente la conductancia estomática. De igual modo, no se detectó un efecto de los tratamientos de RDC sobre el crecimiento vegetativo, pero sí un leve impacto sobre la senescencia de las hojas, observándose en algunas plantas del cv. Soreli bajo RDC un aumento de un 2% en la penetración de luz a través del dosel.

La aplicación de RDC en kiwis no afectó negativamente los parámetros de calidad de la fruta en cosecha. En este contexto, el único efecto consistente en ambas temporadas fue el aumento en la concentración de sólidos solubles, variable que en promedio aumentó en 0,6 y 1,4 °Brix para los cultivares Hayward y Soreli, respectivamente. El aumento de la concentración de sólidos solubles en cosecha permitiría poder recolectar la fruta anticipadamente, y con esto disminuir los efectos de las primeras lluvias otoñales sobre la calidad y condición de la fruta. El hecho que el aumento en la concentración de sólidos solubles no haya estado acompañado de disminuciones en la forma, peso, o firmeza de fruta, sugiere que el estrés hídrico no generó deshidratación de la fruta o aumentos en la tasa de respiración.



Cuadro 3: Calidad de la fruta en plantas de kiwis cv. Hayward y cv. Soreli sometidos a cuatro tratamientos de riego en 2016-2017 y 2017-2018.

Tratamientos				
	Control	D50_3	D50_5	D100_3
Soreli				
Brix	8.1 b	8.9 b	8.9 b	10.0 a
Firmeza (lb)	13.0	12.6	12.3	12.5
Materia seca (%)	16.2	17.0	16.6	16.8
Peso fresco (g)	117.6	115.3	120.3	114.0
Diámetro ecuatorial (mm)	52.7	52.1	53.1	52.3
Diámetro polar (mm)	68.5	68.1	68.3	67.8
Hue piel	47.1	46.1	46.6	45.6
Hue pulpa	93.9	92.9	92.7	92.3
Hayward				
Brix	6.9 b	7.1 b	7.2 b	7.7 a
Firmeza (lb)	17.7	17.4	17.4	17.6
Materia seca (%)	16.3	16.4	16.6	16.7
Peso fresco (g)	99.4	97.6	98.6	97.2
Diámetro ecuatorial (mm)	52.0	51.9	51.8	51.8
Diámetro polar (mm)	62.5	61.8	62.5	61.4

Los efectos de los tratamientos en la poscosecha de la fruta fueron inconsistentes, pero en la primera temporada, el tratamiento de estrés más severo (D100) logró mantener una mejor firmeza de pulpa y de columela en el cultivar Soreli después de 90 días de almacenamiento en frío. Estos resultados, en el peor de los casos, muestran que la aplicación de un RDC tardío no afectaría negativamente la condición de la fruta.

Los tratamientos de riego deficitario, incluidos los más severos, no afectaron el número de yemas florales por cargador en ambos años. El cultivar amarillo Soreli (1 huerto), promedió cerca de 24 yemas florales por cargador en ambas temporadas, mientras que el cultivar verde Hayward (5 huertos) promedió 18 yemas florales por cargador. Estos resultados muestran que un estrés hídrico durante la última etapa de crecimiento del cultivo, llegando hasta niveles máximos de -1.2 MPa, no afectaría la capacidad de las plantas de kiwi de producir yemas florales.

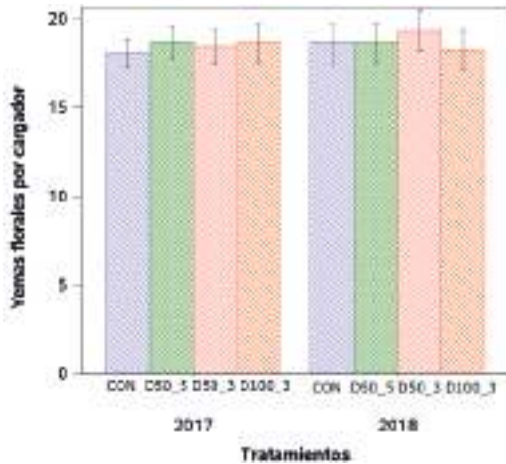


Figura 22: Yemas florales por cargador en los años 2017 y 2018 en huertos de kiwi amarillo variedad Soreli y verde variedad Hayward sujeto a cuatro tratamientos de riego durante las temporadas 2016-2017 y 2017-2018.

En la evaluación sensorial para la variedad Soreli (Figura 23) realizada durante las dos temporadas de aplicación de los tratamientos de riego en donde se expresan los resultados de los parámetros de sabor (asociado a la determinación de un sabor extraño), fundencia, acidez, dulzor, dureza, jugosidad y aceptabilidad general. Los resultados para la evaluación realizada después de 60 días de almacenamiento en frío para la variedad Soreli en la primera temporada establecieron que el tratamiento D100_3 tuvo una mayor dureza y acidez, lo cual repercutió en una mayor aceptabilidad general.

Para el caso de la variedad Hayward (Figura 24), cuando se evaluó después de 90 días de almacenamiento en frío, se pudo observar que en la segunda temporada, el tratamiento que mostró una mayor dureza fue aquel en donde se restringió el riego (D100_3) y también fue el que mostró una mejor aceptabilidad.

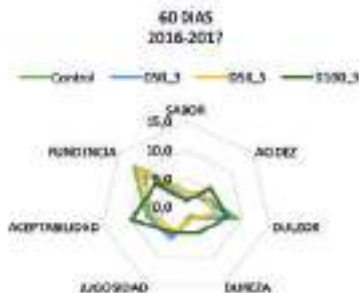


Figura 23: Gráfica de análisis sensorial para 30 días después del almacenamiento en frío en la variedad Soreli.

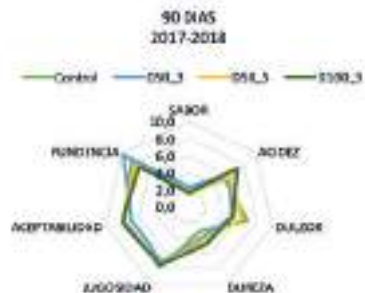


Figura 24: Gráfica de análisis sensorial para 30 días después del almacenamiento en frío en la variedad Soreli.



• BIBLIOGRAFÍA •

Acevedo, E. 1979.

Interacciones suelo-agua-raíz en el proceso de absorción de agua por las plantas.
Boletín Técnico, 44: 17-25.

Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D. y Smith, M. 2006.

Evapotranspiración del cultivo.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 56:1-79.

Buwalda, J. G., y Hutton, R. C. 1988.

Seasonal changes in root growth of kiwifruit.

Scientia horticulturae, 36(3-4), 251-260.

Campillo, R., Sadzawka, A., y Campillo, R. 2006.

La acidificación de los suelos. Origen y mecanismos involucrados. Manejo de los recursos naturales en el sistema de incentivos para la recuperación de suelos degradados de la Araucanía.

Serie Actas, 38, 44-60.

Currie, M., Green, S., Martin P., y Currie, N. 2008.

Thirsty vines can give tasty fruit, but at a cost.

New Zealand Kiwifruit Journal.185:7-12.

De la Fuente, J. 1988.

Manual del kiwi (Actinidia chinensis). N°73.

CIREN. Santiago, Chile.

Fereres, E. and Soriano, M.A., 2007.

Deficit irrigation for reducing agricultural water use.

Journal of experimental botany, 58(2): 147-159.

Ferreira E., Raúl, Gabriel Sellés Van Sch., Loreto Burgos R., Paulina Villagra A., Paulina Sepúlveda R y Gamalier Lemus. 2010.

Manejo del riego en frutales en condiciones de restricción hídrica. 100 p. Boletín INIA N°214.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Santiago, Chile.

Ferreira E., Raúl, Gabriel Sellés Van Sch. 2013.

Manual de riego para especies frutales: Uso eficiente del agua de riego y estrategias para enfrentar periodos de escasez . 220 p. Boletín INIA N°278.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Santiago, Chile.

Infante, R., Rubio, P., Meneses, C. and Contador, L. 2011.

Ripe nectarines segregated through sensory quality evaluation and electronic nose assessment.

Fruits 66 (2):109-119. 20

Foy, C. D. 1992.

Soil chemical factors limiting plant root growth. pp. 97-149.

In: L., D. Kroetz y L. Sheiner., 1996. Limitations to plant root growth Springer New York.

Gandar, P. W. & Hughes, K. A. 1988.

Kiwifruit root systems 1. Root-length densities.

New Zealand journal of experimental agriculture, 16(1): 35-46.

Holzappel, E. A., Merino, R., Mariño, M. A., and Matta, R. 2000.

Water production functions in kiwi.

Irrigation Science, 19(2):73-79.

Infante, R., Aros, D., Contador, L. and Rubio, P. 2012.

Does the maturity at harvest affect quality and sensory attributes of peaches and nectarines?

New Zeal. J. Crop Hort. 40(2):103-113

Judd, M. J., McAneney, K. J., & Wilson, K. S. 1989.

Influence of water stress on kiwifruit growth.

Irrigation science, 10(4), 303-311.

Lagos, L. O., Lama, W., Hirzel, J., Souto, C., & Lillo, M. 2017.

Evaluación de riego deficitario controlado sobre la producción de kiwi (*Actinidia deliciosa*).

Agrociencia, 51(4), 359-372

McAneney, K. J., & Judd, M. J. 1983.

Observations on kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch) root exploration, root pressure, hydraulic conductivity, and water uptake.

New Zealand journal of agricultural research, 26(4): 507-510.

McCutchan, H; Shackel, K. A. 1992.

Stem water potential as a sensitive indicator of water stress in prune trees (*Prunus domestica* L. cv. French)

J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 607-611.

Morlat, R., & Jaquet, A. 2015.

The soil effects on the grapevine root system in several vineyards of the Loire valley (France).

VITIS-Journal of Grapevine Research, 32(1): 35.

Roby, G., Harbertson, J.F., Adams, D.A. and Matthews, M.A., 2004.

Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: anthocyanins and tannins.

Australian Journal of Grape and Wine Research, 10(2): 100-107

Salazar, P. 2019.

Evaluación fisiológica y productiva de la cantidad de agua aplicada en un huerto comercial de kiwi cv. Hayward regados por micro-aspersión y por goteo (tesis de pregrado).

Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Chillán, Chile.

Salazar, J., Jorquera, C., Campos-Vargas, R., Jorgensen, C., Zapata, P., & Infante, R. 2019.

Effect of the application timing of 1-MCP on postharvest traits and sensory quality of a yellow-fleshed kiwifruit.

Scientia Horticulturae, 244, 82-87.

Shackel, K. A., Lampinen, B., Southwick, S., Olson, W., Sibbett, S., Krueger, W., W., Yeager y Goldhamer, D. 2000.

Deficit irrigation in prunes: maintaining productivity with less water.

HortScience, 35(6), 1063-1066

Silva, D. 2019.

Efectos del sobre-riego sobre el crecimiento del dosel, desarrollo de las raíces, y cosecha y post-cosecha en un huerto comercial de kiwi Hayward. (tesis de pregrado).

Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Chillán, Chile.

Smith, G. S., Judd, M. J., Miller, S. A., y Buwalda, J. G. 1990.

Recovery of kiwifruit vines from transient waterlogging of the root system.

New phytologist, 115(2), 325-333.

agradecimientos

Gobierno Regional de O'Higgins y su Consejo Regional

Agrícolas y exportadoras colaboradores:

1. Agrícola Chicureo
2. Agrícola El Carmen de Naicura
3. Agrícola La Ponderosa
4. Agrícola Mallacún
5. Agrícola María Luisa del Río Vicuña
6. Agrícola Viconto
7. Comercial Greenvic S.A
8. Exportadora Rucaray
9. Carsol Fruit

En especial a Álex Sedano, Rodrigo Allende, Fernando Abarzúa, Alejandra Valdés, Nicolás Amenábar y Cupertino García por toda su ayuda.

Equipo técnico FIC-CER, memorantes U de C, y profesores Fac. Agronomía U de C:

Ing. Agr. Mauricio Calderón,
Ing. Ej. Agr. Manuel Ramírez,
Ing. Agr. José Miguel Figueroa,
Ing. Agr. Diego Silva S.,
Ing. Agr. Paulina Salazar M.,
Ing. Agr. Mariano Pinochet F. e
Ing. Agr. Pedro Castro C.

Colaboradores:

Dr. Richard Bastías I.,
Ing. Agr. José Cuevas,
Dr. Ignacio Serra.

