LITORALPRESS

Fecha: 18-06-2025
Medio: Revista Mundo Agro
Supl. : Revista Mundo Agro
Tipo: Noticia general
Título: "MANEJO DEL ÁGUA EN AVELLANOS "

Pág. : 80
Cm2: 522,0
VPE: $ 0

Tiraje: Sin Datos
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: No Definida

MANEJO DEL AGUA EN AVELLANOS

El manejo del riego en avellanos debe sustentarse en una planificación técnica rigurosa, que considere la caracterización del sistema suelo-planta-atmósfera, la dinámica de la zona radicular, y la interacción entre el sistema de riego y las condiciones edafológicas del predio

El cultivo del avellano europeo (Corylus avellana L.) ha mostrado una expansión sostenida en Chile, particularmente en las regiones del sur-centro del país, debido a su adaptabilidad edafoclimática y su creciente demanda en mercados internacionales (Grau, P., 2003). Sin embargo, el éxito productivo y la sostenibilidad de este cultivo dependen en gran medida de una gestión hídrica eficiente, especialmente en un contexto de creciente escasez de agua y variabilidad climática (Donoso, G., 2021).

El manejo del riego en avellanos debe sustentarse en una planificación técnica rigurosa, que considere la caracterización del sistema suelo-planta-atmósfera, la dinámica de la zona radicular, y la interacción entre el sistema de riego y las condiciones edafológicas del predio. La eficiencia en el uso del agua no solo implica satisfacer la demanda hídrica del cultivo, sino también minimizar pérdidas por percolación profunda, escorrentía o evaporación no productiva.

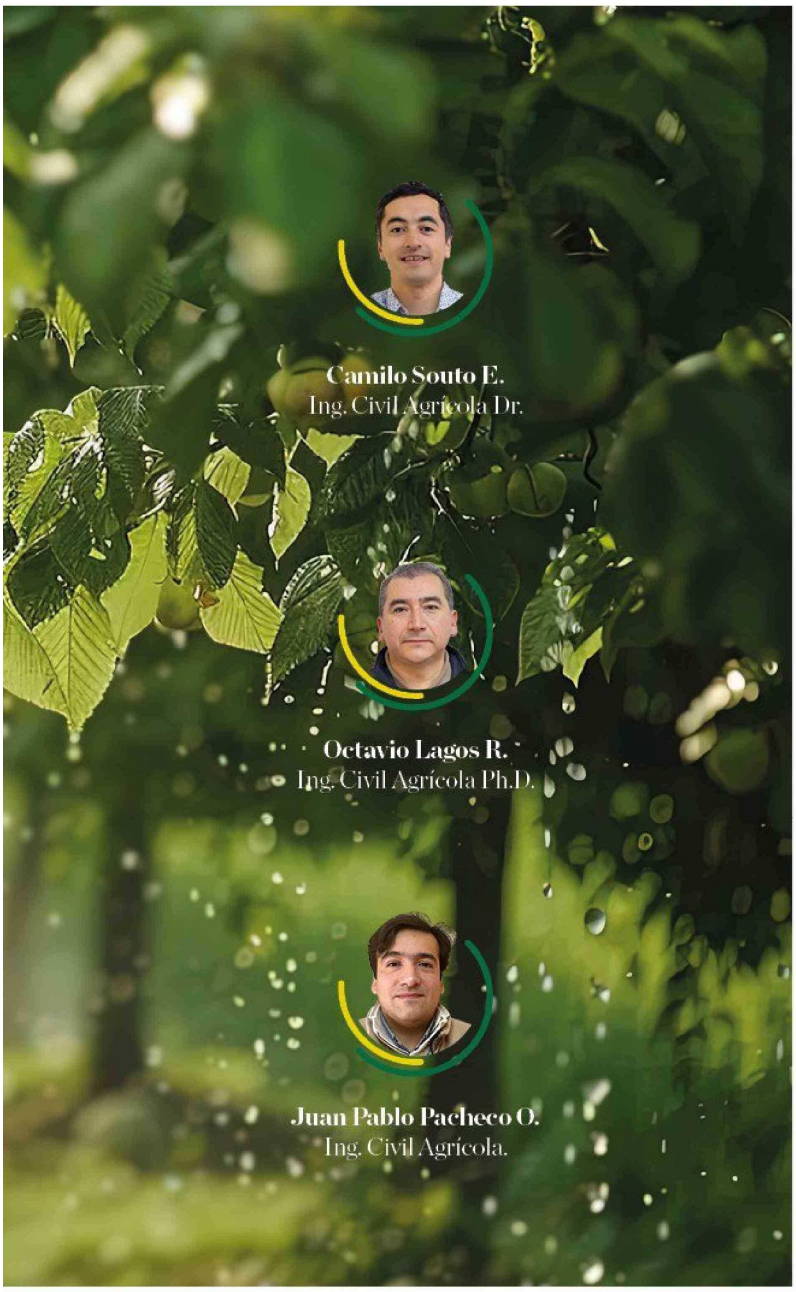
El avellano presenta una sensibilidad moderada al estrés hídrico, particularmente en etapas fenológicas críticas como la inducción floral, el desarrollo del embrión y el llenado del fruto. Déficits hídricos en estas fases pueden comprometer el rendimiento, la calidad del fruto (peso seco, calibre, contenido de aceite)

LITORALPRESS

Fecha: 18-06-2025
Medio: Revista Mundo Agro
Supl. : Revista Mundo Agro
Tipo: Noticia general
Título: "MANEJO DEL ÁGUA EN AVELLANOS "

Pág. : 81
Cm2: 499,0
VPE: $ 0

Tiraje: Sin Datos
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: No Definida



y la longevidad del huerto. Por tanto, la programación del riego debe basarse en la estimación precisa de la evapotranspiración del cultivo (ETc), el monitoreo del contenido de humedad del suelo, y la integración de herramientas tecnológicas, como sensores remotos y plataformas de soporte a la decisión.

ESTIMACIÓN DE DEMANDA DE AGUA PARA PROGRAMAR EL RIEGO

La demanda de agua se relaciona con la cantidad de agua usada por la planta, además de aquella evaporada directamente desde el suelo adyacente producto del humedecimiento por el sistema de riego e incluidas el agua de rocío y de lluvia. La mayor parte del agua es absorbida por el avellano transfiriéndose a la atmósfera por transpiración, proceso que consiste en la vaporización del agua líquida contenida en la planta a la atmósfera. Solo una pequeña fracción se utiliza dentro de la planta, y el restante es evaporado por superficies adyacentes.

El avellano presenta una **sensibilidad moderada al estrés hídrico**

La transpiración del cultivo (T) y evaporación del suelo (E) ocurren simultáneamente y hasta hoy en día no hay manera fácil de distinguir entre los dos procesos. Por lo anterior, la cantidad de agua que demanda el avellano suele ser estimada como la combinación de los dos procesos (E y T), que se denomina Evapotranspiración de cultivo o actual (ETc o ETa).

Para tener una adecuada humedad de suelo en huertos de avellanos es necesario conocer la demanda diaria de agua del frutal y con esto poder programar de forma correcta los riegos durante la temporada. La cantidad de agua extraída desde el suelo por la planta y otros factores (evapotranspiración), es la que se debe reponer periódicamente para no dañar el potencial productivo del avellano.

Existen diferentes modelos para aproximar los requerimientos hídricos de un huerto de frutales. La siguiente relación fue recomendada por Holzapfel et al. (2020) para cuantificar la demanda de agua en avellanos:

$$ET_c = ET_r \cdot F_c$$

Micro-aspersión: $F_c = 0{,}013 \cdot P + 0{,}25$

Goteo: $F_c = 0{,}011 \cdot P + 0{,}20$

Donde ETc es la evapotranspiración de cultivo (mm día^{-1}), ETr es la evapotranspiración de referencia (mm día^{-1}), y P es la fracción de sombreo o cobertura al medio día solar (10%<P<70%). Fc es un factor que está en función de las prácticas culturales en el huerto y el sistema de riego utilizado, el tipo y el tamaño de plantas, la densidad de la plantación, el régimen de humedad del suelo y las condiciones climáticas de la zona.

La estimación de ETr puede ser conseguida a partir de antecedentes meteorológicos obtenidos desde estaciones agrometeorológicas automáticas (EMAs) cercanas al huerto. Actualmente, existe una red agroclimática nacional de acceso gratuito (www.agromet.cl) dependiente del Ministerio de Agricultura, y una red

LITORALPRESS

Fecha: 18-06-2025
Medio: Revista Mundo Agro
Supl. : Revista Mundo Agro
Tipo: Noticia general
Título: "MANEJO DEL ÁGUA EN AVELLANOS "

Pág. : 82
Cm2: 437,5
VPE: $ 0

Tiraje: Sin Datos
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: No Definida

agroclimática del INIA (https://agrometeorologia.cl/evapotranspiracion/), en ambas fuentes se puede obtener datos históricos de ETr para la cuantificación de la demanda de agua con el objetivo de programar adecuadamente el riego.

Las estimaciones de ETc -con la relación recomendada- están validadas en avellanos adultos, sanos, y bien regados. La adaptación de las constantes es necesarias cuando las plantas son jóvenes o están bajo estrés.

Para una programación precisa del riego, se recomienda:

Estimar la ETc diaria o semanalmente, ajustando el Fc según la fenología y cobertura (P).

Validar la estimación con sensores de humedad de suelo instalados en la zona radicular activa (20–60 cm de profundidad). Los sensores no deben ser instalados lejanos al tronco de la planta y debajo de un emisor de riego.

Considerar la capacidad de retención de agua del suelo y el volumen de suelo efectivamente humedecido por el sistema de riego.

En huertos establecidos, la demanda hídrica acumulada durante la temporada puede variar entre 500 y 800 mm, dependiendo de la zona agroclimática, el tipo de suelo y el manejo del huerto. Esta variabilidad refuerza la necesidad de adaptar el riego a condiciones locales y no aplicar esquemas generalizados.

Existen diferentes modelos para aproximar los requerimientos hídricos

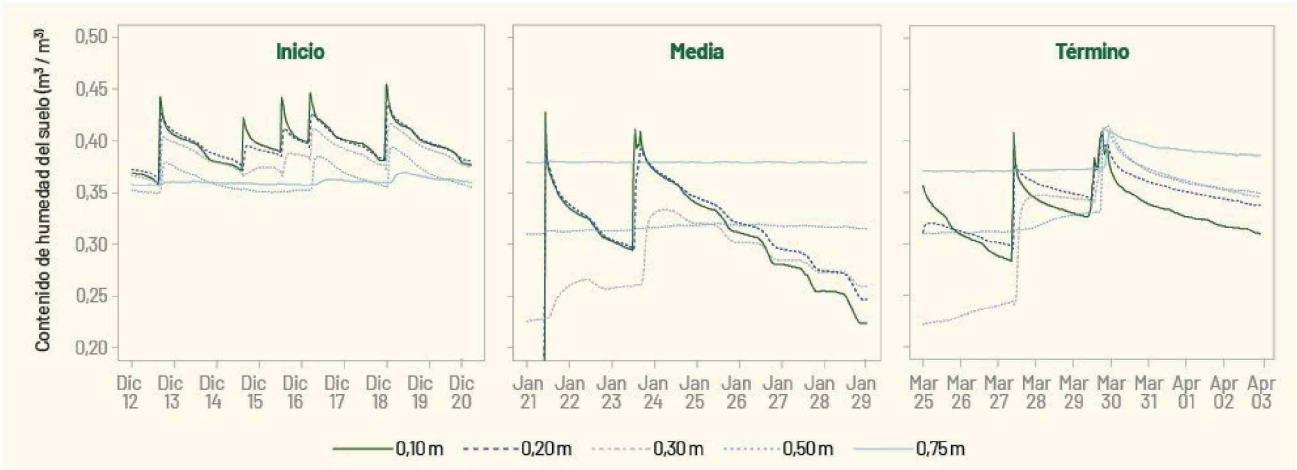
Una vez cuantificada la demanda de agua y programado el riego, para tener un control del agua aplicada, es necesario prestar atención a la humedad del suelo de modo de evitar la falta o exceso de riego (Figura 1). Existen diversos dispositivos para controlar la humedad del suelo "in-situ", con la posibilidad del monitoreo remoto, los que deben ser calibrados para un sitio particular.

Estudios realizados por el Departamento de Recursos Hídricos (Souto et al., 2022; Viveros et al., 2020), muestran que al aplicar volúmenes de agua superiores a la capacidad de almacenamiento del suelo se produce un drenaje excesivo, lavado de nutrientes y un exceso de humedad del suelo (Figura 1). Se observa en la Figura 1 que el contenido de humedad del suelo a lo largo de la temporada, en su fase inicial en el mes de diciembre, hay una gran oscilación del contenido de humedad dada la evapotranspiración del cultivo y los riegos efectuados, además de mantenerse en zonas cercanas a capacidad de campo (CC), indicando una adecuada humedad de suelo para una buena actividad radicular, una fácil absorción de agua por la planta y adecuada aireación.

El contenido de humedad del suelo -a distintas profundidades en el cultivo de avellano- revela que los eventos de riego o precipitaciones generan incrementos abruptos en la humedad, especialmente en las capas superficiales (0,10 m y 0,20 m), siendo estos aumentos menos pronunciados a mayor profundidad.

Las capas superficiales presentan una mayor variabilidad y una respuesta más rápida a estos

Figura 1. Contenido de humedad del suelo durante la temporada de riego para cinco profundidades (0.10, 0.2, 0.3, 0.5 y 0.75 m), en avellanos 'Tonda di Giffoni', bajo riego por microaspersión.

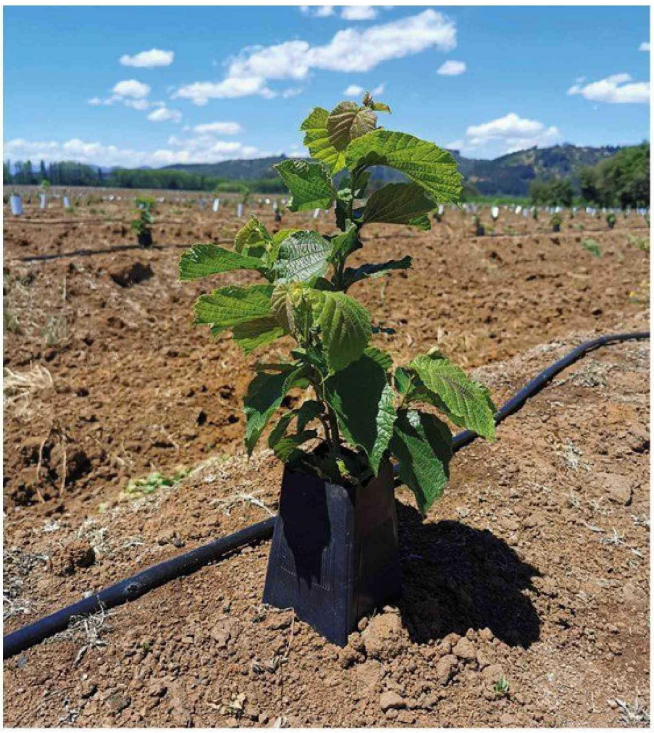


LITORALPRESS

Fecha: 18-06-2025
Medio: Revista Mundo Agro
Supl. : Revista Mundo Agro
Tipo: Noticia general
Título: "MANEJO DEL ÁGUA EN AVELLANOS "

Pág. : 83
Cm2: 298,3
VPE: $ 0

Tiraje: Sin Datos
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: No Definida



eventos, mientras que las capas profundas (0,50 m y 0,75 m) mantienen una humedad más estable y con menor fluctuación, lo cual es característico cuando el manejo de riego se realiza considerando una profundidad de raíces extractantes de agua de 60 cm.

Posterior a cada evento hídrico se observa una disminución progresiva del contenido de humedad, más acelerada en las capas superficiales, lo que sugiere un consumo activo por parte del cultivo (evapotranspiración). Además, el incremento de humedad en profundidades mayores a 60 cm ocurre con un desfase temporal respecto a las superficiales, evidenciando que el evento de riego fue suficiente para alcanzar el objetivo.

Dependiendo del periodo analizado, es posible identificar épocas de mayor o menor humedad, asociadas a la estrategia de riego o el estado fenológico del cultivo. Estos resultados permiten evaluar la eficiencia del riego, asegurando que el agua aplicada alcance la zona de mayor exploración radicular, sin generar percolación profunda, y destacan la importancia de ajustar la frecuencia y cantidad de riego para mantener la humedad en rangos óptimos, así como la necesidad de un monitoreo continuo mediante sensores a diferentes profundidades para optimizar la productividad y sostenibilidad del cultivo.

A continuación, se muestra la demanda de agua del avellano durante la temporada 2023-2024 (Figura 2) asociada al contenido de humedad mostrado en la Figura 1.

En cuanto al rendimiento del frutal, podemos observar que realizando un óptimo manejo de riego -consecutivamente durante las temporadas- podría beneficiar los kg/ha producidos (Cuadro 1). Específicamente, al considerar la diferencia entre 3 años consecutivos de producción, manejando de forma óptima el sistema de riego podríamos encontrar aumentos del orden del 25%.

LITORALPRESS

Fecha: 18-06-2025
Medio: Revista Mundo Agro
Supl. : Revista Mundo Agro
Tipo: Noticia general
Título: "MANEJO DEL ÁGUA EN AVELLANOS "

Pág. : 84
Cm2: 463,2
VPE: $ 0

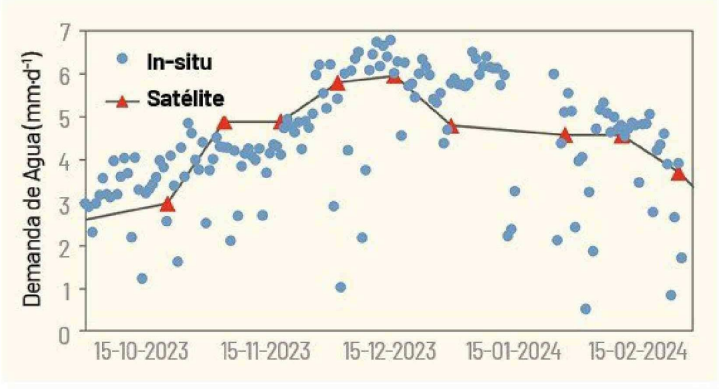
Tiraje: Sin Datos
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: No Definida

SISTEMAS DE RIEGO EN AVELLANOS

La tecnología de riego ha logrado avances significativos en el último tiempo. Se han desarrollado criterios y procedimientos para mejorar y racionalizar las prácticas de reposición de agua al suelo, mediante nivelación de suelos, diseño de métodos de riego, regulación de caudales, estructuras de aducción, equipos de control, automatización y manejo adecuado del agua. El éxito o fracaso del riego de un huerto de avellano europeo depende, en gran medida, del método de aplicación de agua utilizado.

Existen diversos dispositivos para **controlar la humedad del suelo**

Figura 2. Agua demanda por el avellano europeo 'Tonda di Giffoni' obtenida por una estación Eddy Covariance ('In-situ') e imágenes satelitales (Satélite) en la temporada 2023-2024 bajo riego por microaspersión en suelos franco arcilloso.



Una selección errónea impide la obtención de buenos resultados económicos y provoca un retardo en el normal desarrollo del huerto.

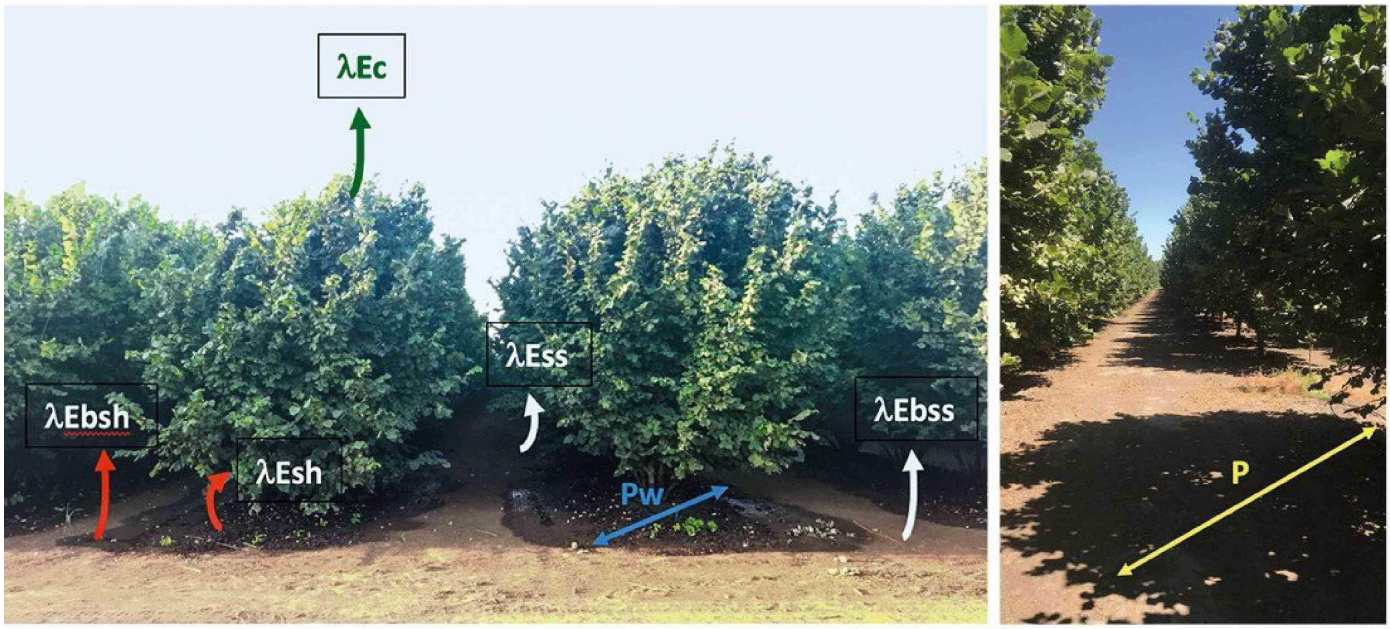
Implementar en un huerto de avellano europeo una tecnificación de riego adecuada permite un uso más eficiente de los recursos hídricos disponibles, un mejor aprovechamiento de los fertilizantes, mano de obra, incrementos en la producción y uso eficiente de los recursos. En general, los métodos de riego utilizados para el riego de avellano europeo son microaspersión (Figura 3A) y goteo (Figura 3B). El riego por microaspersión aumenta el área humedecida como se observa en Figura 3A, donde la interacción del suelo húmedo es mayor comparada al riego por goteo (Figura 3B).

Para seleccionar de un método de riego se debe considerar la disponibilidad de agua, tipo de suelo, topografía, clima, cultivo, disponibilidad de mano de obra, energía y el costo relativo de cada recurso. Algunos autores

Cuadro 1. Rendimiento en avellano europeo 'Tonda di Giffoni' bajo riego por microaspersión en suelos franco arcilloso.

Año de producción	Rendimiento (kg ha^{-1})
5	2990
6	3450
7	3890

Figura 3. Riego por microaspersión (A) y goteo (B) en avellanos en un suelo franco arcilloso y franco areno-limoso, respectivamente. (Fuente: Souto et al., 2022).



LITORALPRESS

Fecha: 18-06-2025
Medio: Revista Mundo Agro
Supl. : Revista Mundo Agro
Tipo: Noticia general
Título: "MANEJO DEL ÁGUA EN AVELLANOS "

Pág. : 85
Cm2: 446,4
VPE: $ 0

Tiraje: Sin Datos
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: No Definida

estiman que la eficiencia de riego y los costos de implantación, operación y mantenimiento son las variables que afectan en mayor grado el método de riego a utilizar. Otros, en cambio, basan la selección del método de riego en los parámetros económicos.

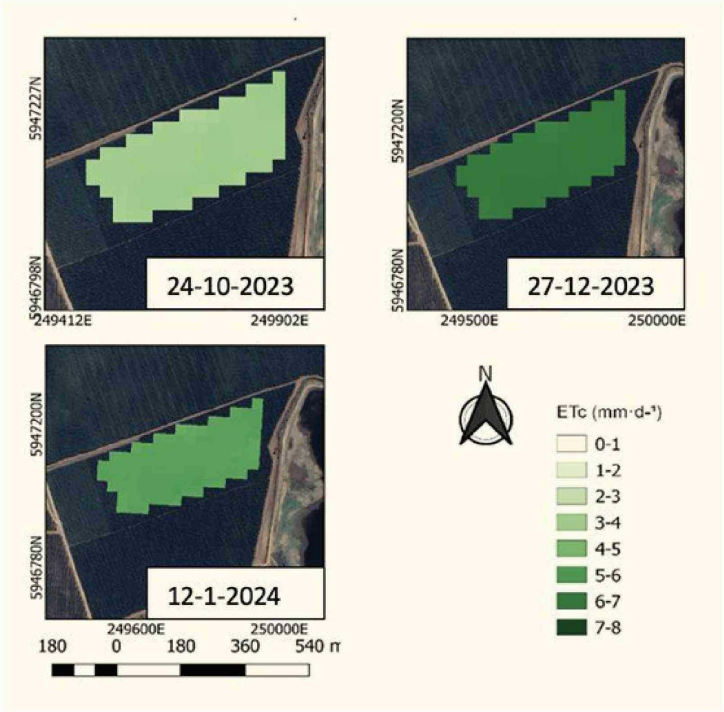
Holzapfel y otros (1985) establecieron un proceso de selección en que se incluyen los aspectos técnicos y económicos para elegir el método de riego óptimo considerando factores agronómicos y económicos. El riego por goteo y microaspersión presentan importantes ventajas en suelos con mucha variabilidad textural y capacidad de retención de agua, el alto nivel de automatización y la incorporación de diversos químicos (fertilizantes, herbicidas y fungicidas). En todos los sistemas presurizados de aplicación de agua, se requiere de la participación de personal capacitado o de mejor nivel de preparación, por el marcado efecto del riego en la producción y utilización de otros recursos.

GESTIÓN DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL

La disminución sostenida de las precipitaciones, junto con el aumento de la escasez hídrica y mayores tasas de evapotranspiración asociadas al incremento de las temperaturas, han hecho imprescindible avanzar hacia una gestión más eficiente y precisa del agua de riego en huertos de avellano europeo. La eficiencia en el uso del agua no solo depende de una correcta estimación de la demanda hídrica promedio del cultivo (evapotranspiración), sino que requiere también la capacidad de identificar y gestionar la variabilidad espacial del consumo de agua dentro del huerto, la cual puede estar determinada por diferencias en el desarrollo de la canopia, el tipo y profundidad efectiva de los suelos, la distribución y uniformidad del sistema de riego, así como por condiciones micro-climáticas locales.

En este contexto, el uso de herramientas de teledetección, como imágenes satelitales multiespectrales o cámaras multiespectrales montadas en drones, permite estimar la evapotranspiración real (ETa) de manera espacialmente distribuida mediante algoritmos de (SEB) de energía superficial, identificar zonas con distinto vigor vegetativo, lo que se traduce en la identificación de la demanda hídrica espacial y temporalmente distribuida.

Figura 4. Variabilidad espacial de la ET en un huerto de avellano europeo 'Tonda di Giffoni' bajo riego por microaspersión.



La modelación SEB utiliza **imágenes satelitales o sensores remotos**

Estas tecnologías facilitan la zonificación de manejo, permitiendo dividir el huerto en sectores homogéneos para ajustar la programación del riego según las necesidades específicas de cada zona. Asimismo, la ubicación estratégica de sensores de humedad de suelo y/o planta contribuye a la detección temprana de anomalías, como estrés hídrico o problemas de distribución de agua, y a la evaluación continua de la eficiencia del sistema de riego, evitando tanto excesos como déficits hídricos.

A continuación se muestra la demanda de agua espacialmente distribuida del avellano europeo 'Tonda di Giffoni' durante la temporada 2023-2024 (Figura 4). En la figura podemos observar la variación espacial y temporal de la demanda de agua asociada al contenido de humedad mostrado en la Figura 1. En particular se aprecia que la demanda de agua durante octubre es cercana a 2 y 3 mm/día, mientras que en diciembre y enero varía entre 6 y 8 mm/día. Este último, corresponde a la etapa fenológica (engrosamiento, cuajado y llenado del fruto) de máxima demanda del avellano europeo.

Específicamente, estudios realizados en huertos de avellano en la Región de Ñuble han evidenciado diferencias de hasta un 25%

LITORALPRESS

Fecha: 18-06-2025
Medio: Revista Mundo Agro
Supl. : Revista Mundo Agro
Tipo: Noticia general
Título: "MANEJO DEL ÁGUA EN AVELLANOS "

Pág. : 86
Cm2: 536,5
VPE: $ 0

Tiraje: Sin Datos
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: No Definida

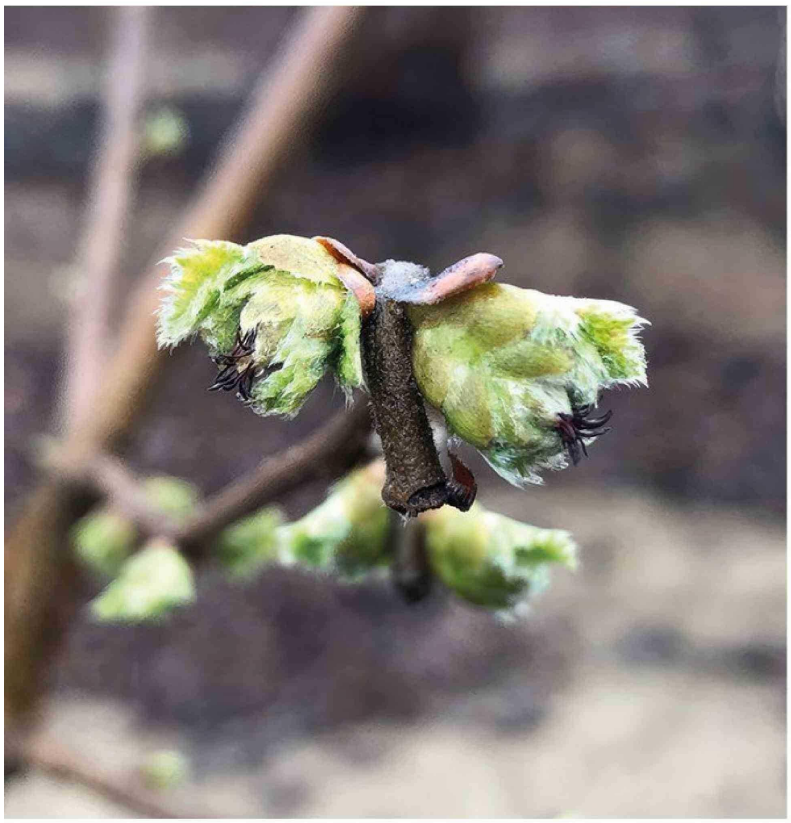
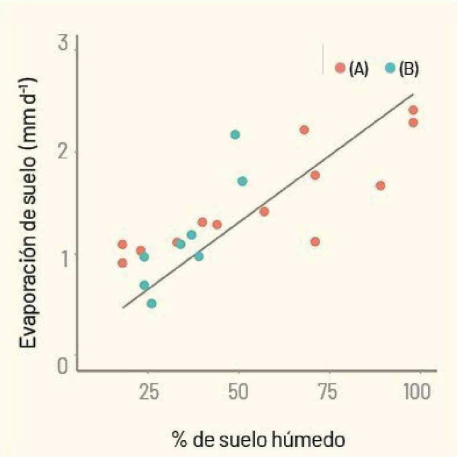


Figura 5. Efecto del área humedecida (Pw) en la evaporación de suelo (E) en avellano europeo 'Tonda di Giffoni' bajo riego por microaspersión (A) y goteo (B). (Fuente: Souto et al., 2022).



en la evapotranspiración entre sectores de un mismo cuartel durante el periodo de máxima demanda, lo que demuestra el alto potencial de mejora en la eficiencia del riego mediante la implementación de un manejo por sitio específico, apoyado en tecnologías de monitoreo y teledetección.

EFECTOS DEL ÁREA HUMEDECIDA EN LA EVAPORACIÓN DE SUELO

La relación entre el área humedecida y la evaporación del suelo se puede analizar y cuantificar a través del balance de energía superficial (SEB). El SEB describe cómo la energía disponible en la superficie del suelo se distribuye entre los diferentes flujos: radiación neta, calor sensible, calor latente (evaporación y transpiración) y flujo de calor del suelo. En este contexto, el área humedecida influye directamente en el componente de calor latente asociado a la evaporación del suelo (E), ya que una mayor superficie mojada incrementa la fracción de energía destinada a la evaporación del suelo.

En este contexto, la modelación SEB utilizando imágenes satelitales o sensores remotos (por ejemplo, a través de algoritmos como SEBAL, METRIC, SEB-PV, SEB-PW), permite estimar espacialmente la distribución de la ET y separar los componentes de E y T. En Ñuble,

El manejo del área humedecida es clave para reducir las pérdidas

estudios recientes han demostrado que en huertos de avellano con baja cobertura vegetal y alta fracción de área humedecida, la E del suelo puede representar hasta un 30-40% de la evapotranspiración total durante los primeros días después del riego (Figura 5), disminuyendo a medida que la superficie se seca o aumenta la cobertura de la canopia (Abarzua, 2022). Por el contrario, cuando el área humedecida es limitada y la cobertura vegetal es mayor, la mayor parte de la energía disponible se destina a la T del cultivo, mejorando la eficiencia del uso del agua.

El manejo del área humedecida es clave para reducir las pérdidas por E del suelo y optimizar el uso del agua de riego en avellanos europeos. La modelación del SEB es una herramienta poderosa para cuantificar estos procesos y apoyar la toma de decisiones en el manejo hídrico, permitiendo identificar zonas y momentos de mayor pérdida evaporativa y ajustar la estrategia de riego en función de la demanda real del cultivo y las condiciones ambientales.

De esta manera, la implementación de estrategias basadas en un manejo preciso del área humedecida se torna esencial para garantizar un balance hídrico adecuado, promover el crecimiento sostenible del avellano europeo y enfrentar los desafíos derivados del cambio climático en la Región de Ñuble.