



## 8. ANTECEDENTES PARA EL MANEJO DE RIEGO EN PEONÍAS.

---

Alejandro Antúnez B.  
Ma. Gabriela Chahin A.  
Nathalie Luchsinger F.  
Jorge Jerez B.  
Adolfo Montenegro B.

### 8.1 Introducción.

En general, existe muy poca información disponible que permita orientar el manejo del riego de especies florales para corte. Los artículos publicados en esta materia son escasos y prácticamente inexistentes en el caso de las peonías. Por esta razón, la investigación desarrollada en el contexto del proyecto, constituye una de las pocas experiencias publicadas en el cultivo sobre dicha materia.

En este capítulo se exponen algunos aspectos generales del manejo de riego en cultivos y se presentan los resultados de ensayos de riego en peonías durante dos años de cultivo, en la Región de La Araucanía.

### 8.2 Aspectos generales de riego.

El propósito fundamental del riego es la entrega de agua al suelo para satisfacer los requerimientos de evapotranspiración de los cultivos. Se sabe que el crecimiento y desarrollo de la planta depende de la fotosíntesis, en paralelo con el intercambio gaseoso de la planta con la atmósfera, una fracción de agua de la hoja se evapora. A su vez, el agua se absorbe a través de las raíces de la planta, para reponer el agua perdida por ésta en la parte aérea. La fracción de agua que pierde la planta se llama transpiración.

La suma de transpiración de las plantas y evaporación directa del suelo se denomina evapotranspiración (ET) y para fines prácticos se considera como la altura de agua que debe suministrarse al cultivo a través del riego. El proceso del agua perdida a través de la planta y repuesta por medio del riego es comparable al balance de una cuenta bancaria, donde se verifican depósitos y retiros.

En la figura 1 se muestra un balance hídrico del suelo. Nótese que el agua extraída debe reponerse por medio de la precipitación o del riego. En caso contrario, se puede llegar a agotar el agua disponible en el suelo para las plantas, por sobre el umbral crítico, ocasionando daños irreversibles tanto en el crecimiento y desarrollo del cultivo, como en la producción y calidad de la flor o fruto a cosechar.

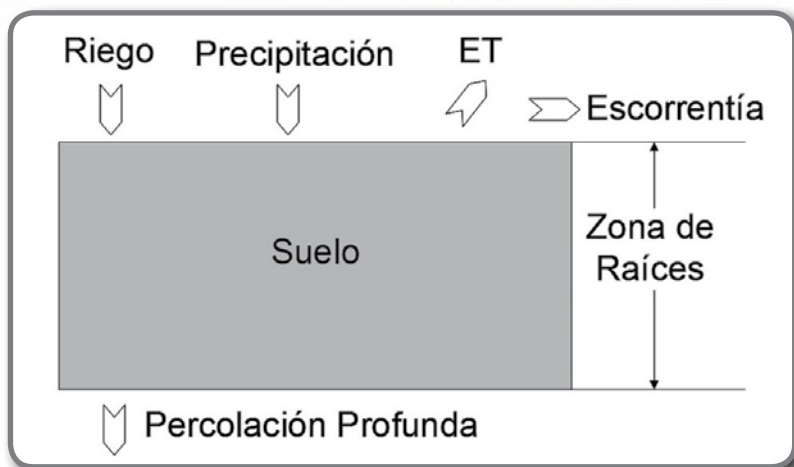


Figura 1. Representación esquemática de los componentes de un balance hídrico de la zona de raíces. Adaptado de A. Strahler. (2006)

### 8.2.1 Programación de riego.

Una buena programación del riego consiste en aplicar la cantidad de agua requerida por el cultivo en el momento oportuno. En otras palabras, es necesario asegurar que el agua está disponible en el suelo cuando el cultivo lo requiere. Una buena programación maximiza la eficiencia del riego minimizando las pérdidas de agua por escorrentía superficial y pérdidas por percolación. Esto resulta en la reducción de costos energéticos y de agua de riego, que coincide frecuentemente con el óptimo rendimiento de los cultivos.

Cuando los riegos son frecuentes (diarios o cada dos días), la profundidad de raíces y la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo no son tan relevantes en el cálculo de la altura de agua a aplicar. En estos casos, la aplicación de agua es tal que se satisfacen los requerimientos de agua diarios del cultivo. De esta forma, el riego no se sustenta en la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, sino que el perfil se mantiene a contenidos cercanos a capacidad de campo durante todo el tiempo.

En riegos no presurizados, frecuentemente el agua en el suelo disminuye a contenidos bajo capacidad de campo, hasta un nivel tal que no compromete significativamente la producción del cultivo. Cuando este mínimo se alcanza (déficit permisible), representa el momento oportuno del riego. Muchos sistemas de riego se diseñan y operan aprovechando la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, minimizando el número de labores de riego y maximizando la eficiencia de aplicación al suministrar mayores cargas de agua en cada riego.

De esta forma, el agua de riego o de precipitación debe reponer el agua consumida por evapotranspiración.

A su vez, la oportunidad de riego estará definida por una serie de factores, entre los que se incluyen:

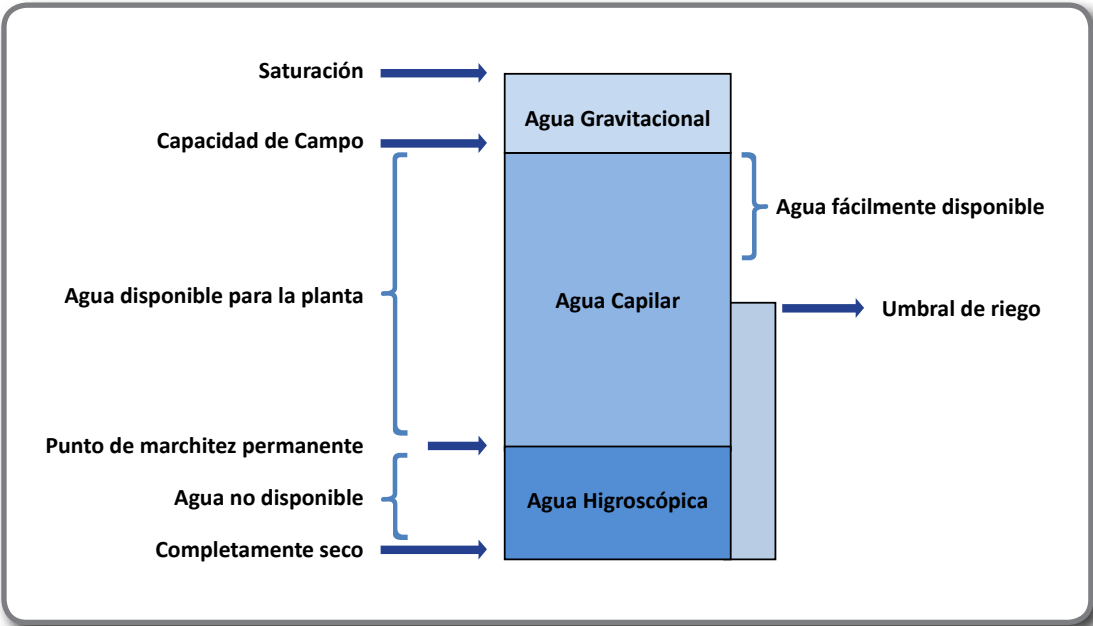
- profundidad efectiva de raíces.
- capacidad de almacenamiento de agua en el suelo.
- tasa de evapotranspiración del cultivo.
- sensibilidad del cultivo al estrés hídrico.

- calidad del agua de riego y la tolerancia a la salinidad del cultivo.
- tipo de sistema de riego.
- fuente de agua y los turnos de entrega al campo.

**8.2.2 Humedad aprovechable y déficit permisible de agua en el suelo.**

Con fines de programación de riego es necesario conocer la profundidad de la zona de raíces del cultivo, que en peonías, comúnmente se considera una profundidad de al menos 50 centímetros de suelo.

Se considera que el agua retenida en el suelo por sobre el Punto de Marchitez Permanente (PMP) y por debajo de la Capacidad de Campo del suelo (CC), es la humedad aprovechable (HA) para la planta. En un suelo promedio, el PMP en promedio es aproximadamente la mitad de la CC, con lo cual el promedio del agua disponible en el suelo es aproximadamente la mitad de la CC. En la figura 2 se muestra un esquema de los distintos rangos de agua en el suelo, mientras que en el cuadro 1 se observa la altura de agua aprovechable para las plantas (HA) en función de algunas texturas de suelo.



**Figura 2. Parámetros del contenido de agua en el suelo. Adaptado de Hargreaves, G. H., and Merkle, G. P. (1998).**



**Cuadro 1. Agua disponible o humedad aprovechable para diferentes texturas de suelo.**

Textura de suelo	Humedad aprovechable (HA) (mm/m)
Arenas gruesas	20 – 65
Arenas finas	60 – 85
Areno francosos	65 – 110
Franco arenosos	90 – 130
Franco arenoso fino	100 – 170
Franco limoso	150 – 230
Franco arcillo limoso	130 – 160
Arcillo limoso	125 – 170
Arcilloso	110 – 150
Turba	160 – 240

En muchos cultivos, el déficit permisible de agua en el suelo puede llegar a valores de hasta 50%, aunque en algunos cultivos un abatimiento menor puede producir máximos rendimientos. En cultivos de arraigamiento profundo se considera adecuado un déficit permisible de entre 40 y 70% de humedad aprovechable.

Por otra parte, el déficit permisible de agua en el suelo para lograr un óptimo rendimiento en un cultivo determinado también depende de la evapotranspiración diaria máxima en la zona. Así en zonas con altas tasas de evapotranspiración diaria (8 a 10 mm/día) el déficit permisible puede ser de alrededor de 40%, mientras que en zonas con máxima ETC entre 2 y 3 mm/día, un valor de 70% de déficit permisible se considera adecuado.

Si el promedio del agua disponible en un suelo es de 50% de la capacidad de campo y el déficit permisible es de 50% del agua aprovechable, entonces la programación del riego debe reponer el agua del 25% ( $0,5 \times 50\%$ ) del abatimiento a capacidad de campo.

### **8.2.3 Requerimientos hídricos de los cultivos.**

La evapotranspiración del huerto ( $ET_c$ ) estará determinada por factores propios del clima de la zona y por aspectos específicos del cultivo, relacionados con la especie, período fenológico, variedad, densidad de plantación y manejo del huerto. Para el diseño de un sistema de riego, se debe conocer la evapotranspiración del cultivo de referencia de la zona ( $ET_o$ ). Al respecto, existen publicaciones nacionales que entregan valores medios mensuales de  $ET_o$ , para las principales localidades del país (Santibáñez *et al.*, 1990). Se debe tener especial precaución para que el diseño del sistema de riego satisfaga los requerimientos de  $ET_c$  en los meses de máxima demanda, que en el hemisferio sur, generalmente corresponden a diciembre, enero y febrero.



### **Coefficientes de cultivo.**

Para obtener el valor de  $ET_c$ , es necesario multiplicar el término  $ET_o$  por el valor de coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) para la especie, variedad y densidad de plantación del cultivo. Existen varias fuentes bibliográficas a partir de las cuales podemos obtener un valor de  $K_c$ , aunque idealmente, el productor puede validar y desarrollar sus propios  $K_c$  de acuerdo a su propia experiencia y manejo específico.

En términos generales, para optimizar el manejo del riego en un cultivo, es conveniente realizar una programación preliminar basada en la mejor estimación que tengamos disponible de la  $ET_c$  obtenida a partir de la EB o  $ET_o$  calculada a partir de un evaporímetro de bandeja o de una estación agrometeorológica y de un  $K_c$  adecuado a las condiciones agronómicas con que se maneja el huerto. Una vez aplicado un cierto criterio de riego, en terreno es conveniente apoyar la programación del riego en algún método o instrumental para decidir la aplicación, duración y frecuencia de éste (Ferreyra *et al.*, 2007).

### **8.2.4 Programación de riego.**

Los métodos de programación de riego comúnmente se basan en:

- riego basado en intervalos fijos o siguiendo un calendario, por ejemplo, cuando hay turnos de agua o en base a una programación predeterminada.
- seguimiento de síntomas de estrés hídrico en las plantas.
- medición (o estimación) del uso del agua en el suelo por medio del uso de técnicas como tacto, gravimétrico, resistencia eléctrica, tensiómetros, TDR o FDR.
- seguimiento del balance de agua en el suelo, a partir de datos meteorológicos y/o bandeja de evaporación.
- combinaciones de los criterios anteriores.

En la práctica puede programarse a partir del monitoreo diario del agua en el suelo para decidir el riego cuando las mediciones lo indiquen. Los métodos más tradicionales permiten tener mediciones puntuales de agua en el suelo, mientras que otros más sofisticados realizan un seguimiento en tiempo real de este parámetro.

Como criterio general, se aconseja enfrentar el período de máximos requerimientos de evapotranspiración con el suelo de la zona de raíces, en un punto cercano a capacidad de campo. Cuando el perfil esté húmedo, multiplique la profundidad de la zona de raíces por la humedad aprovechable del suelo por metro de suelo y el producto por el déficit permisible de agua en el suelo para determinar la cantidad de agua a aplicar al cultivo entre riegos.

### **8.2.5 Monitoreo de agua en el suelo.**

Una forma sencilla de evaluar la oportunidad del riego es tomar periódicamente un puñado de suelo de la zona de raíces, todos los días luego de un evento de riego y apretarlo firmemente entre los dedos. En el Cuadro 2, se describen las características de un suelo cuando ha perdido entre 25 a 50% de humedad aprovechable. En el cuadro también se incluye la representación de la altura de agua equivalente en mm, por metro de suelo explorado por las raíces para llevar al suelo a capacidad de campo.



**Cuadro 2. Criterios para definir cuándo el suelo tiene entre 25 y 50% de humedad aprovechable, y altura de agua necesaria para llevar al suelo a capacidad de campo (Hargreaves y Merkle, 1998).**

Arenoso	Franco arenoso	Limoso y arcillo limoso	Franco arcilloso y arcillo limoso
Parece seco, no forma una bola al aplicar presión.	Tiende a formar una bola pero rara vez es estable.	Forma una bola plástica, a veces algo pegajosa.	Forma una bola o cinta cuando se aprieta entre el pulgar y el índice.
17-42 mm de agua por metro de profundidad de suelo.	33-67 mm de agua por metro de profundidad de suelo.	42-83 mm de agua por metro de profundidad de suelo.	50-100 mm de agua por metro de profundidad de suelo.

En relación a los métodos indirectos de medición de agua en el suelo se encuentran los basados en la tensión del agua en el suelo (tensiómetros), en la conductividad o resistencia eléctrica del suelo (bloques de yeso, watermark) y en el retardo de la velocidad de propagación de neutrones (aspersor de neutrones). Además, en la última década, se han masificado los métodos basados en las propiedades de capacitancia o constante dieléctrica del agua, clasificadas en dos grandes tipos: FDR (reflectometría en el dominio de la frecuencia) y TDR (reflectometría en el dominio del tiempo). La mayoría de los materiales del suelo, tales como arena, arcilla y material orgánico poseen una constante dieléctrica de 2 a 4. El agua tiene la constante dieléctrica más alta, que es de 78. Por lo tanto, contenidos altos de agua en un sensor de capacitancia estarán relacionados con constantes dieléctricas más altas. Como consecuencia, al medir los cambios en una constante dieléctrica en forma indirecta se está midiendo el contenido de agua.

A continuación se describen dos tipos de sensores basados en la constante dieléctrica del suelo que se emplearon en este proyecto para medir la humedad del suelo y asesorar la programación de riego. Es importante señalar que estos instrumentos poseen ventajas y desventajas que orientan la adquisición y uso de un equipo para el monitoreo del agua en el suelo (Cuadro 3).





**Cuadro 3. Ventajas y desventajas de algunos métodos e instrumentos para monitorear el agua en el suelo.**

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Diviner 2000</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En un mismo sitio de medición o tubo de acceso, se pueden efectuar lecturas a diferentes profundidades de suelo.</li> <li>• Son resistentes, estables y requieren poco mantenimiento.</li> <li>• No son radioactivos, no requieren permiso de utilización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo del equipo, aunque éste puede emplearse para medir en numerosos puntos o sitios.</li> <li>• La sonda FDR tiene un costo de US\$4.150, y un CD-ROM de US\$300 (sin IVA, precios a marzo 2011).</li> <li>• La instalación del tubo de acceso de la sonda se dificulta en algunos suelos.</li> <li>• Presencia de materiales extraños, piedras o grietas dificultan la medida.</li> <li>• Requiere calibración para cada suelo y horizonte.</li> </ul>
<b>Sensores ECH2O</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite realizar medidas continuas del contenido de agua en el suelo.</li> <li>• Medidas a diferentes profundidades.</li> <li>• Son resistente, estables y requieren poca mantención.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada sensor es de bajo costo, pero la implementación de un medidor portátil para el almacenamiento de datos es de un valor elevado.</li> <li>• Cada sensor ECH<sub>2</sub>O tiene un costo de US\$115, mientras que un registrador de datos con conexión de varios sensores posee un valor de US\$650 (sin IVA, precios a marzo 2011).</li> <li>• Requiere calibración para cada tipo de suelo.</li> </ul>

**Sonda de capacitancia, modelo FDR Diviner 2000:** es un instrumento portátil, para la medición de la humedad del suelo. Está constituido por dos secciones principales: una sonda portátil y una unidad de visualización y almacenamiento de datos (Foto 1). La sonda FDR registra la humedad de un suelo mediante la respuesta a cambios en la constante dieléctrica del medio, usando una técnica de reflectometría de dominio de frecuencias.



Foto 1. Sonda FDR, con su consola de almacenamiento y captura de datos.

**Sensores de agua en el suelo  $ECH_2O$ :** miden los cambios en la constante dieléctrica del suelo con un capacitor que consta de tres placas de un material conductor que están separadas por una distancia corta (Foto 2). Al aplicar un voltaje en un extremo de la placa, el material ubicado entre las dos placas almacena cierto voltaje, mientras que un medidor lee el voltaje conducido entre las placas.

Los sensores deben instalarse a diferentes profundidades del suelo en áreas representativas del terreno con el fin de dar seguimiento al movimiento del agua y determinar su agotamiento dentro de la zona de raíces. Los sensores pueden colocarse perpendicular o verticalmente a la superficie del suelo. Esto permitirá monitorear la humedad y determinar el uso del agua por el cultivo a través del tiempo. Ya que los sensores miden el contenido de agua cerca de su superficie, es importante evitar las bolsas de aire y la compactación excesiva del suelo alrededor de los sensores para obtener lecturas más representativas del suelo en su estado natural (Foto 3).



Foto 2. Sensor de humedad  $ECH_2O$



Foto 3. Instalación de sensores  $ECH_2O$





Estos sensores proporcionan las lecturas de los contenidos volumétricos de agua en el suelo a la profundidad en que se colocan. Los sensores pueden conectarse a un sistema de registro de datos y con un cable en serie se descarga la información a un computador personal (Foto 4).



**Foto 4. Sensores conectados a sistema de registro y descarga a un computador personal.**

El registrador de datos pueden programarse para realizar lecturas del sensor de humedad a diferentes intervalos de tiempo (ejemplo: 1 lectura cada 15 minutos, 2 ó 24 horas). Con este sistema es posible registrar la información del contenido de agua en el suelo durante toda la temporada del cultivo.

### **8.2.5 Frecuencia y manejo general del riego.**

Una buena programación del riego es determinante para que el agua se encuentre disponible en forma adecuada para las plantas, asegurando máximos rendimientos. El criterio de programación dependerá de muchos factores, aunque el sistema de riego y el grado de sofisticación del monitoreo del riego será fundamental.

En riegos presurizados por goteo se tenderá a la reposición diaria del agua evapotranspirada durante el día anterior, especialmente en épocas de máxima demanda. Sin embargo, en algunos suelos se ha probado que la acumulación del riego en frecuencias de 3 a 4 días, puede permitir un mejor mojamiento del perfil de suelo.

Un sistema de riego por goteo bien diseñado debe ser capaz de entregar al suelo el agua requerida diariamente por el cultivo en los meses de máxima demanda. En otras palabras, el agricultor debe asegurarse de contar con un sistema de riego que entregue el agua que requiere el cultivo en los meses de diciembre, enero y febrero, en que tradicionalmente ocurren las máximas demandas. Por ejemplo, si de forma rudimentaria se aplica diariamente la altura de agua de diseño a un cultivo durante toda la estación de cultivo, se generan excesos de agua que representan pérdidas de agua y energía por mal manejo del riego.



En riego superficial se buscará evitar riegos frecuentes que saturan el perfil de suelo. En estas circunstancias la evaluación de la humedad aprovechable de la zona de raíces y la definición de un déficit permisible apropiado tienen relevancia para determinar la oportunidad y lámina de reposición a aplicar en cada evento.

En cualquier caso, el monitoreo crítico del riego mediante sensores en el suelo o en la planta será fundamental para evaluar la programación del riego.

### **8.3 Efecto del riego en el cultivo de peonías.**

Como parte del proyecto FIA, se estableció un ensayo en un huerto de peonías cv. Sarah Bernhardt, plantadas en agosto de 2002 en un marco de plantación de 1m x 1m, ubicado en INIA Carillanca, valle central de la provincia de Cautín, en un andisol serie Vilcún.

La fertilización de mantención del ensayo se estableció en base al análisis de suelo, aplicándose 150 kg de  $P_2O_5$ /ha (Fuente: Superfosfato Triple) y 150 kg de  $K_2O$ /ha (Fuente: Muriato de potasio), ambos nutrientes fraccionados en tres épocas de aplicación (1ª quincena de septiembre, fines de diciembre 2008 y 2ª quincena de febrero de 2009). Además se aplicó 1000 kg de Cal/ha en cobertera a fines de agosto de 2008 y 10 kg de boronato calcita/ha en septiembre de 2008. En octubre de 2008, dado problemas de uniformidad de plantas en el huerto experimental, entre otras consideraciones, se homogeneizó la dosis de nitrógeno a 100 kg/ha, de modo tal de comenzar la evaluación de los tratamientos de nitrógeno a partir del año 2009.

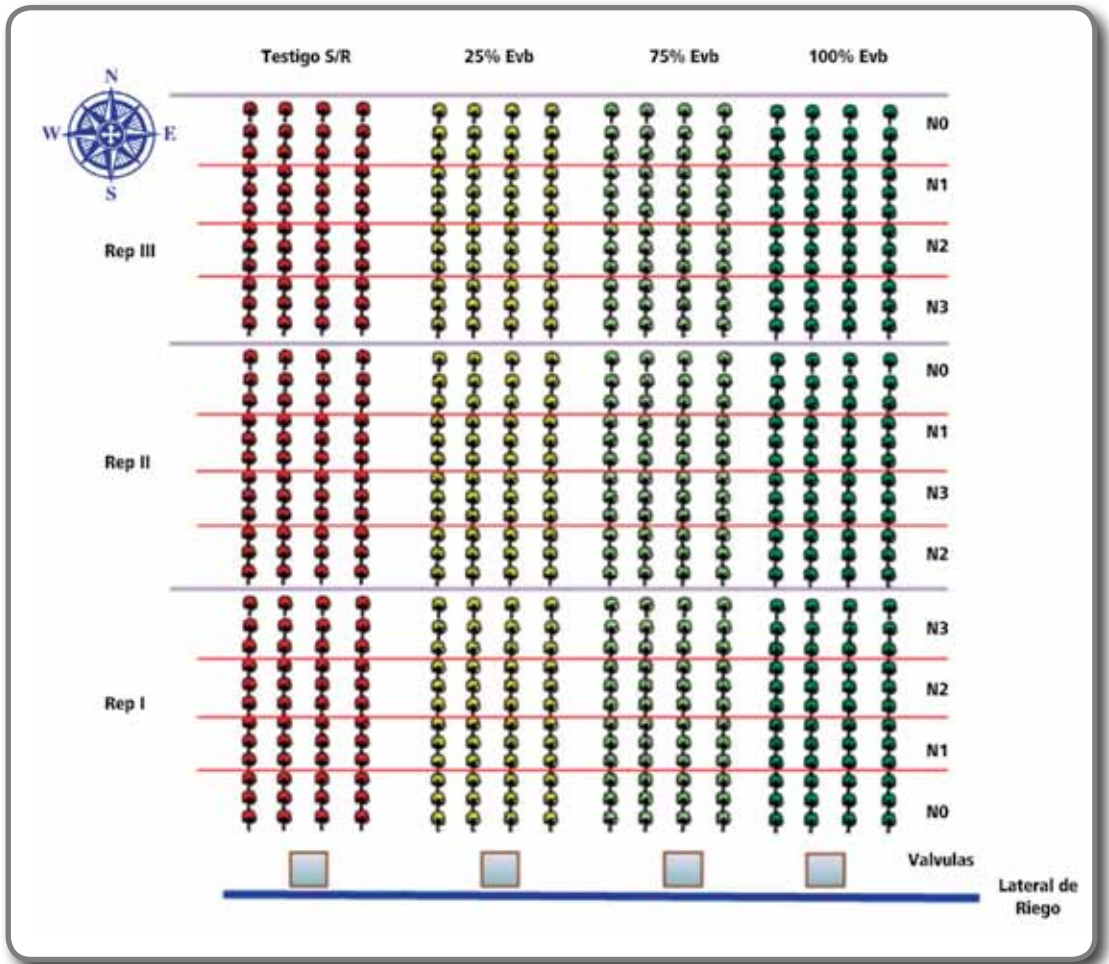
#### **8.3.1 Tratamientos de riego y fertilización nitrogenada.**

Los tratamientos de riego aplicados fueron un testigo sin riego (R0), y tratamientos con reposición de agua equivalentes a 25 (R1), 75 (R2) y 100 % (R3) de la evaporación de bandeja. A su vez los tratamientos de nitrógeno considerados para las temporadas 2009 y 2010 fueron un testigo sin fertilizante nitrogenado (N0) y tres tratamientos con 100, 200 y 300 kg de N/ha anuales (N1, N2 y N3, respectivamente), fraccionados en tres épocas de aplicación. A partir de agosto de 2009 la dosis de fertilización de mantención se eleva a 200 kg de  $P_2O_5$ /ha y 200 kg de  $K_2O$ /ha. Para efecto de inicio del ciclo anual de aplicación de nitrógeno para los tratamientos de fertilización nitrogenada, se consideró una fecha anterior al inicio del receso de la planta (febrero 2009), en la cual se aplicó la primera fracción de las dosis de N a evaluar. En agosto de 2009 (fines) se aplicó la 1ª fracción de la dosis de 200 kg de  $P_2O_5$ /ha y 200 kg de  $K_2O$ /ha, además de la aplicación de 1000 kg de Cal/ha y de 10 kg de Boronatrocalcita/ha.

La unidad experimental se diseñó en bloques divididos, en donde el bloque principal correspondió a los tratamientos de riego y los subbloques a los tratamientos de fertilidad. Las parcelas se establecieron en 4 hileras de 4 metros de ancho por 20 de largo, con subparcelas de 4 metros de ancho por 5 de largo. Se efectuaron evaluaciones en las 6 plantas centrales. Los tratamientos de riego se iniciaron en diciembre de 2008, finalizando en marzo de 2011, con un tiempo de riego fijo de dos horas para el tratamiento con 100% (Tratamiento R3) de reposición de la evaporación de bandeja (EvB), 1,5 horas para el tratamiento con 75% de reposición de la EvB (Tratamiento R2), 0.5 horas para el tratamiento con 0.25 % EvB (Tratamiento R1). El tratamiento R2 se modificó a 50% de reposición de evaporación en las últimas dos temporadas (2009-2011), con 1 hora de riego. Cabe señalar que el tratamiento testigo que sólo recibió agua proveniente de las precipitaciones. Cada tratamiento fue controlado con una válvula solenoide individual, el que además estaba conectado a un medidor volumétrico de agua (Figura 3).



Para el balance hídrico del agua en el suelo, y el cálculo de las necesidades de riego, se descontó la precipitación efectiva ocurrida en cada período. La “precipitación efectiva” es un concepto que toma en cuenta la pérdida de agua que ocurre por efecto de la interceptación del follaje, el que ha sido determinado en 10 mm. Es decir, solamente precipitaciones con magnitud superior a 10 mm fueron consideradas como aportes efectivos al balance hídrico del cultivo.



**Figura 3. Diseño de la parcela experimental de la interacción riego-nitrógeno en peonías, variedad Sarah Bernhardt, Centro Regional INIA Carillanca.**

El contenido de humedad del suelo fue monitoreado periódicamente mediante una sonda TDR de marca Sentek, modelo Diviner 2000. Las mediciones se realizan en plantas marcadas en las que se instaló un tubo de acceso de la sonda (Foto 5). Los tubos de acceso tienen un largo de 1,2 metros permitiendo la medición de la humedad hasta una profundidad de 1 m, en los lugares que la profundidad del suelo lo permite. Se marcaron cuatro plantas para el control de la humedad de suelos por cada tratamiento, con un total de 16 puntos en evaluación. En cada punto el instrumento muestrea la humedad de suelo cada 10 cm de profundidad.



**Foto 5. Medición nivel humedad suelo a distintas profundidades con equipo Diviner 2000**

### **8.3.2 Contenido de humedad del suelo.**

El cuadro 4 resume la precipitación, evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) y la lámina de riego bruta mensual aplicada a los cuatro tratamientos de riego, durante las tres temporadas de cultivo.

A diferencia de la temporada anterior, la temporada 2009/2010 se caracterizó por una primavera y verano lluvioso con precipitaciones que alcanzaron a 312 mm, con una ET<sub>o</sub> equivalente a 485,8 mm. La lluvia en la temporada 2009/2010 fue un 134% superior al de un año promedio y 222% superior a la temporada anterior, con valores de ET<sub>o</sub> semejantes a las registradas en un año normal (Cuadro 4). La temporada 2010/2011 fue menos lluviosa que la anterior, aunque con algunos eventos importantes de precipitaciones.

Un aspecto indirecto del manejo del riego fue lo relacionado con la presencia de malezas, las que se vieron favorecidas en los tratamientos con mayor aplicación de agua, dificultando el manejo del cultivo. Por el contrario el tratamiento con reposición del 25% de EvB y el testigo sin riego presentaron una baja presencia de malezas.





**Cuadro 4. Precipitación, ETo y lámina de riego bruta mensual aplicada a los cuatro tratamientos de riego, durante las tres temporadas de cultivo INIA Carillanca.**

Meses	Ppt (mm)	ETo (mm)	R0	R1	R2*	R3
<b>Temporada 2008/2009</b>						
Noviembre			0,0	0,0	0,0	0,0
Diciembre			0,0	35,3	105,8	141,1
Enero	16,8	158,3	0,0	46,5	139,5	186,0
Febrero	35,5	109,7	0,0	42,6	127,7	170,2
Marzo	12,0	93,6	0,0	24,2	72,5	96,7
Total	64,3	361,6	0,0	148,5	445,5	594,0
<b>Temporada 2009/2010</b>						
Noviembre	89,3	83,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Diciembre	56,0	123,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Enero	26,4	115,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Febrero	85,2	90,6	0,0	19,4	80,7	134,0
Marzo	55,1	72,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	312,0	485,8	0,0	19,4	80,7	134,0
<b>Temporada 2010/2011</b>						
Noviembre	57,0	84,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Diciembre	48,8	105,8	0,0	3,7	11,2	15,0
Enero	40,4	123,9	0,0	30,4	91,3	121,7
Febrero	49,4	106,0	0,0	26,5	79,5	106,0
Marzo	62,3	81,6	0,0	5,9	17,7	23,7
Total	257,9	502,0	0,0	66,6	199,7	266,3

\* 50% reposición EVB a partir temporada 2009/2010

### 8.3.3 Monitoreo del agua en el suelo.

El monitoreo del contenido de humedad se realizó durante la estación de riego, en las tres temporadas de seguimiento del ensayo. El monitoreo muestra claramente que se lograron establecer diferentes niveles de humedad en el suelo entre los distintos tratamientos. Los tratamientos R2 y R3 presentaron niveles de humedad similares probablemente en el punto de máxima capacidad de retención del suelo. Durante el período invernal, posterior a lluvias de alta intensidad, se monitoreó el contenido de humedad para registrar la capacidad máxima de retención de humedad en cada uno de los puntos de muestreo.

El contenido de humedad en el tratamiento con 100% de reposición de la evaporación de bandeja varió entre los 100 y 110 mm para el perfil de suelo, similar al tratamiento de 75 % de reposición de la evaporación de bandeja, que en promedio fue sólo uno pocos milímetros inferiores al primer tratamiento. La mayor diferencia se observó con el tratamiento que



recibieron el 25% de reposición de la evaporación de bandeja, cuyo contenido de agua en el suelo varió entre los 50 y 60 mm en el período estudiado. El agua en el suelo contenida en el tratamiento sin riego varió entre los 30 y 35 mm.

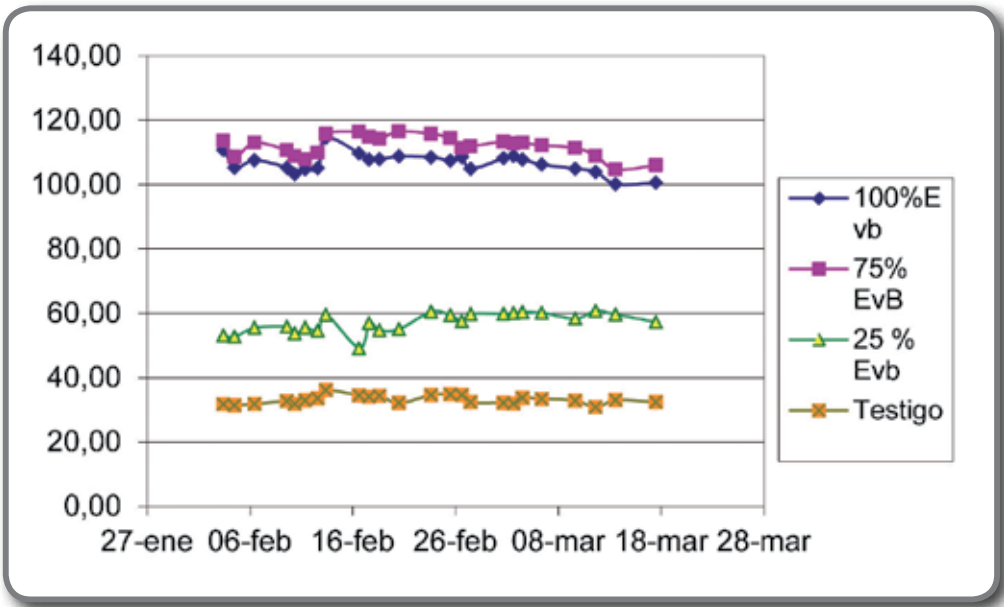


Figura 4. Contenido de humedad promedio en los tratamientos de riego. Centro Regional INIA Carillanca, 2009.

### 8.3.4 Efecto de riego en el cultivo de peonías.

A continuación se muestran los resultados del riego en el cultivo de peonías, sin detallar los efectos de nitrógeno y fertilidad en general, por cuanto estos tópicos se abordan en el capítulo respectivo.

En general, el monitoreo del agua en el suelo permitió constatar que los tratamientos aplicados se reflejaron en diferencias de humedad disponible para las plantas en el perfil de suelo. El contenido de agua en el suelo fue semejante en los tratamientos que recibieron el equivalente al 100% y 75% de la evaporación de bandeja (Figura 4).

El monitoreo continuó durante el otoño, apreciándose una recuperación en el contenido de humedad del testigo sin riego producto de las lluvias (Figura 5).



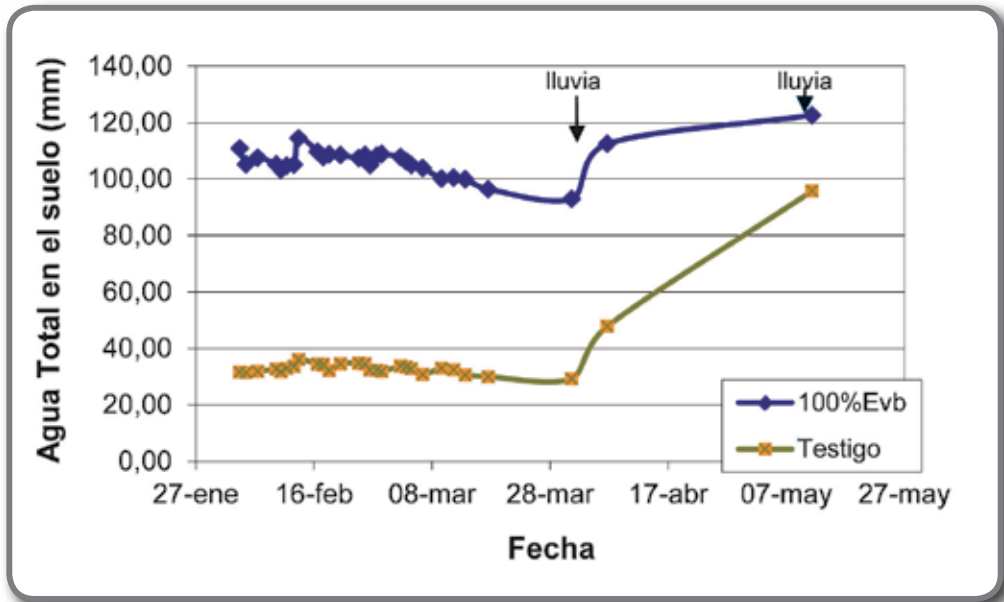
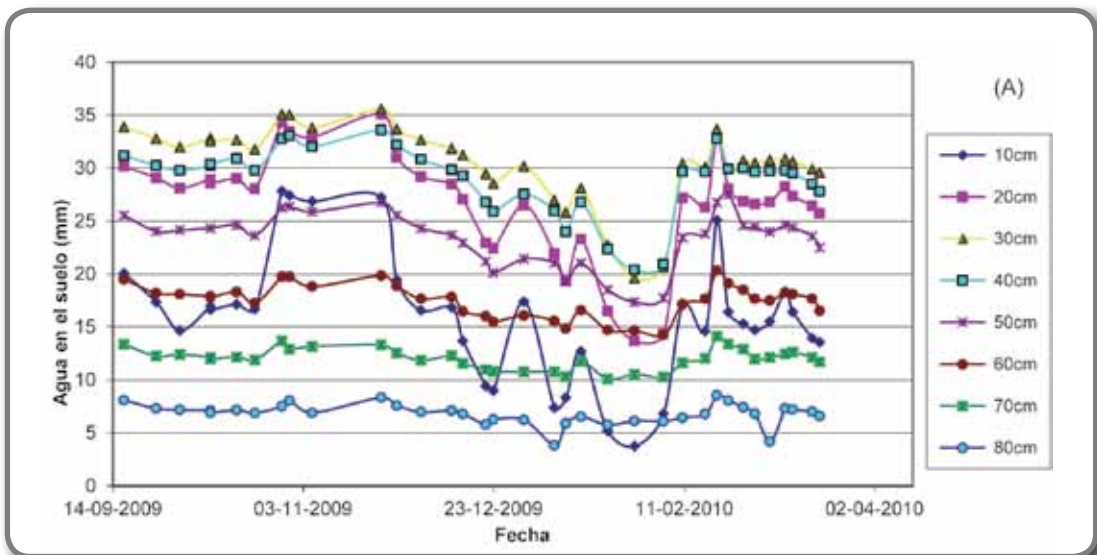


Figura 5. Contenido de humedad promedio en los tratamientos 100% y 0%. Centro Regional INIA Carillanca, 2009.

### 8.3.5 Movimiento de agua en el suelo.

El agua en el suelo fue monitoreada durante todo el ensayo, observándose un patrón de extracción de agua que alcanzó hasta los 70 cm tanto en los tratamientos que recibieron abundante riego (Figura 6A) como en el tratamiento testigo sin riego (Figura 6B). Aún cuando el suelo en el que se encuentran establecidas las plantas de peonías presenta heterogeneidad en la profundidad de suelo, en los perfiles en los cuales existe mayor profundidad para que las plantas exploren y pudieran extraer humedad de una mayor profundidad, éstas no lo hicieron. La mayor extracción de agua del suelo ocurrió hasta los 40 cm de profundidad.



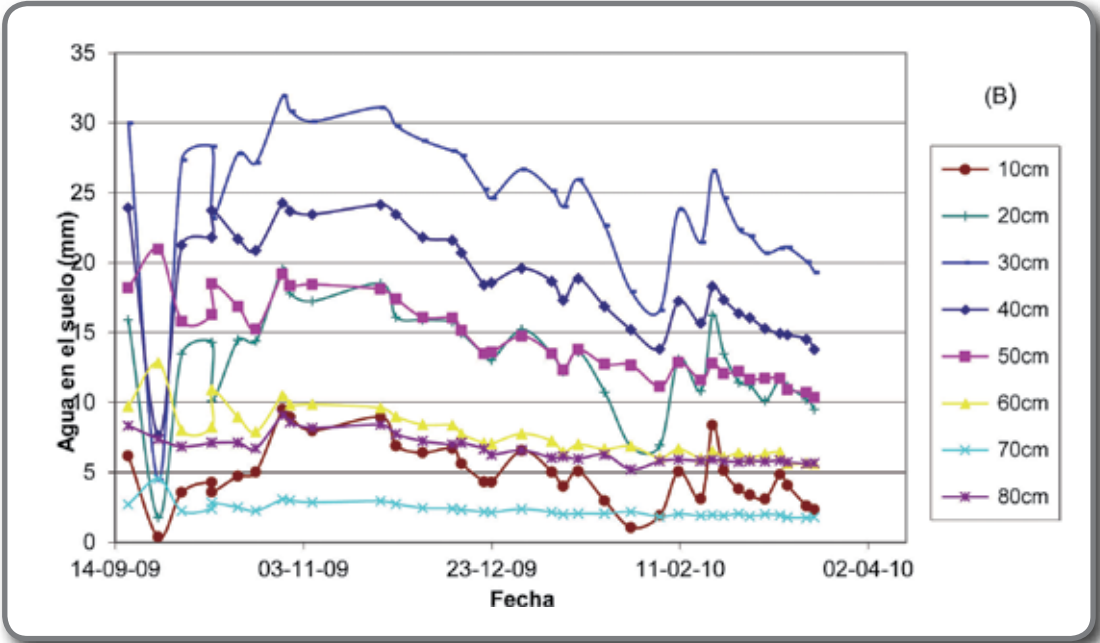


Figura 6: Contenido de humedad a diferentes profundidades de suelo. (A) Tratamiento con reposición del 100 de la evaporación de bandeja (B) Tratamiento testigo sin riego.

Los contenidos de humedad de los perfiles de suelo presentaron un patrón similar entre los distintos tratamientos hasta el inicio de los tratamientos de riego, durante el mes de febrero 2010 en el que los tratamientos con 100% de reposición de la evaporación de bandeja (R3) y 50% de la Evaporación de bandeja (R2) evidenciaron incrementos en el contenido total de humedad de suelo, en contraposición a los otros dos tratamientos que presentaron una tendencia a la disminución.



### 8.3.6 Efecto de los tratamientos sobre parámetros productivos.

#### Temporada 2009/2010 .

A continuación se muestran los resultados de temporada 2009/2010, expresión de los tratamientos de riego y fertilización nitrogenada aplicados durante la temporada agrícola 2008/2009. El número de tallos totales no presentó diferencias entre los tratamientos aplicados con un valor promedio en torno a las 30 varas por planta. Sin embargo, si se obtuvieron diferencias en los tratamientos para la variable tallos comerciales en la cual el riego, en promedio, produjo diferencias estadísticas entre los tratamientos, con el mayor valor para el tratamiento con reposición de la evaporación de bandeja del 100% y que alcanzó a 9,4 varas por planta y el menor valor a 3,8 varas comerciales por planta en el tratamiento de secano (sin riego). Entre los tratamientos que recibieron el 100 y 50% de la evaporación de bandeja las diferencias no fueron significativas (Cuadro 6).

La otra variable que registró diferencias promedios significativa fue el N° de flores abortadas, que en el caso del tratamiento secano alcanzó a 43,9% de las flores contrastando con los otros tres tratamientos en los que el aborto floral estuvo cercano al 20%. Este factor explica en parte el bajo número de varas comerciales. Desde un punto de vista fisiológico, el desarrollo de las peonías en sus primeras etapas se basa en el nivel de reservas de carbohidratos que tiene en sus rizomas por lo que los efectos observados son consecuencia de la capacidad de asimilación y almacenamiento de carbohidratos de la planta ocurridas en la temporada 2009/2010.

**Cuadro 5. Efecto promedio del riego en variables productivas de peonías. Temporada 2009-2010**

Riego % EvB	Nº Tallos	Nº Tallos comerciales	% Tallos comerciales	Diámetro tallos (cm)	Nº Abortos	% Aborto Floral
0% (R0)	30,5	3,8 c	12,7	0,4	13,2 a	43,9
25% (R1)	30,5	6,1 b	20,9	0,4	6,4 b	20,8
50% (R2)	30,7	8,5 a	28,2	0,4	5,8 b	19,1
100% (R3)	28,5	9,4 a	32,9	0,4	7,2 b	25,5

% EvB: % de evaporación de bandeja

\* Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas según el test de Duncan ( $P \leq 0.05$ ).

El análisis estadístico de los resultados indicó que no hubo un efecto de la interacción riego x fertilización nitrogenada en el cultivo de peonías. Solamente se verificó el efecto significativo del riego y de la fertilización nitrogenada sobre el número de varas comerciales/planta y número de flores abortadas del cv de peonía Sarah Bernhardt. En esta temporada no hubo diferencias entre los tratamientos de nitrógeno respecto del parámetro número de varas totales/planta.

#### Temporada 2010/2011.

En el cuadro 6 se resume la significancia estadística del tratamiento de riego, nitrógeno y de la interacción de ambos factores, en los parámetros reproductivos evaluados durante la temporada 2010/2011. Se encontró efecto del tratamiento de riego y nitrógeno en la cantidad de tallos totales por planta, tallos comerciales y aborto floral total y en porcentaje.

A la vez, respecto a la interacción de ambos factores, se obtuvo una interacción significativa del riego x nitrógeno en tallos comerciales y aborto de botones florales.

**Cuadro 6. Efecto del tratamiento de riego, nitrógeno y de la interacción de ambos factores, en parámetros reproductivos del cultivo de peonías. Centro Regional INIA Carillanca, 2010-2011.**

Variable	Riego	Nitrógeno	Interacción
			Riego × Nitrógeno
Tallos totales	*		
Tallo botón	*	*	
Tallo comercial	*	*	
Tallo comercial (%)		*	*
Aborto botón			*
Aborto (%)	*	*	*
* Efecto estadísticamente significativo al % probabilidad			

Al evaluar el efecto del tratamiento de riego (Cuadro 7), se evidencia que el tratamiento sin riego (R0) afecta negativamente la producción de tallos comerciales, aumentando la proporción de aborto de tallos florales. Del mismo modo, es interesante destacar que al aumentar la lámina de riego se observa un detrimento en el número de tallos comerciales, aunque sin diferencias en tallos totales. De esta forma, puede inferirse que el riego es necesario en el cultivo comercial de peonías en la zona, aunque el exceso de agua causaría también una reducción de la producción de flores comerciales.

**Cuadro 7. Promedios y grupos con diferencias significativas por tratamiento de riego y su efecto sobre parámetros reproductivos del cultivo de peonías.**

Parámetro	Tratamiento Riego							
	R0		R1		R2		R3	
Tallos totales	30,51	b	35,27	a	34,04	a	33,67	a
Tallo botón	20,20	c	26,40	a	23,10	b	23,60	b
Tallo comercial	8,08	c	11,04	a	10,42	ab	9,17	bc
Tallo comercial (%)	26,52	b	32,10	a	31,05	ab	27,94	ab
Aborto botón	10,31	a	8,88	a	10,94	a	10,06	a
Aborto (%)	33,93	a	24,88	b	31,73	a	29,85	ab

Los valores representan la media por tratamiento.

Letras diferentes, en sentido horizontal, entre tratamientos, indican diferencias significativas de acuerdo al test de Duncan ( $P < 0.05$ ).



#### **8.4 Conclusiones y recomendaciones para el manejo de riego en peonías.**

La producción de varas comerciales y flores abortadas por planta se afecta significativamente con la altura de agua aplicada. La falta de agua en el suelo causa pérdida de tallos por aborto floral y reducción de tallos comerciales. A partir de esta experiencia se concluye que las peonías con fines comerciales deben ser cultivadas bajo riego en la Región de La Araucanía.

Se recomienda entonces, la instalación de un sistema de riego por goteo para el cultivo comercial de peonía y el monitoreo periódico del agua en el suelo. En el proyecto se evaluó con éxito el uso de sensores del tipo TDR, que monitorean hasta profundidades entre 60 y 70 cm del suelo. Sin embargo, a los 40 cm de profundidad se registra la mayor extracción de agua por las raíces del cultivo.

En relación a la programación del riego, se logró establecer que la reposición de la evapotranspiración del cultivo entre los meses de noviembre a febrero, resulta fundamental para el adecuado rendimiento comercial de las plantas.

A partir de este estudio se concluye que el cultivo se desarrolla adecuadamente reponiendo al menos un 25% de la evapotranspiración de bandeja. Sin embargo, es importante destacar la necesidad de realizar estudios avanzados que permitan determinar coeficientes para el cultivo de peonías ( $K_c$ ), adecuados para la zona y que relacionen la fracción de agua evapotranspirada ( $ET_c$ ) por la planta con la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_o$ ). Para ello se requiere del seguimiento de parámetros que reporten el estatus hídrico de plantas sometidas a distintos regímenes hídricos, en paralelo con la evaluación del rendimiento comercial del cultivo. Lo anterior considerando que, a nivel mundial, no existen coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) publicados aplicables al cultivo.

#### **Bibliografía.**

Ferreyra, R. y Selles, G. 2007. Manejo de suelo y riego en paltos. En Boletín INIA N° 160. Santiago, 120 p.

Hargreaves, G.H., y Merkle, G.P. 1998. Irrigation Fundamentals. Water Resources Publications, Englewood, Colorado, EE.UU. 182 p.

Santibáñez, F. y Uribe, J.M. 1993. Atlas Agroclimático de Chile: Regiones VIII y IX. Universidad de Chile, Fac. de Cs. Agrarias y Forestales, Lab. de Agroclimatología. Santiago, Chile. 66 p.

Strahler, A. Ian. 2011. Introduction Physical Geographi. 5 Ed. 658 p. Wiley, New York. USA.