

## Capítulo 7

# Riego en el cultivo de pepino dulce

### Rodrigo Márquez A.

Ing. Agrónomo

rodrigo.marquez@inia.cl

### Cornelio Contreras S.

Ing. Agrónomo

## 7.1 Introducción

La cantidad y calidad del agua aplicada al cultivo de pepino dulce en forma de riego representa uno de los factores productivos más importantes, tanto para rendimiento en número y peso como en calidad. Debido a las restricciones hídricas causadas por la baja en las precipitaciones en los últimos años y, la necesidad de optimizar el uso de agua a nivel predial, INIA realizó un ensayo durante la temporada 2017, en la localidad de Cerrillos de Tamaya, Ovalle, región de Coquimbo, en un suelo arcilloso, bajo un sistema de riego por goteo, con reposición de un 100% de la demanda evapotranspirativa con 4 cintas de riego (T1), un 75% de la demanda evapotranspirativa con 3 cintas de riego (T2) y un 50% de la demanda evapotranspirativa (T3) con 2 cintas.

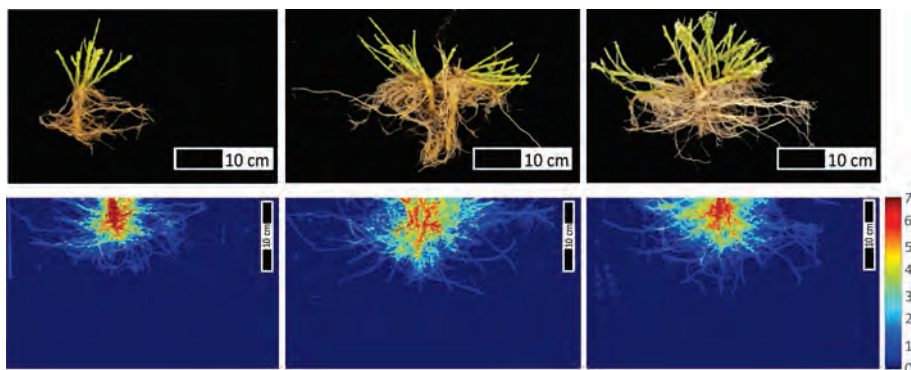
### 7.1.1 Forma y distribución de raíces

Utilizando una metodología de análisis de imágenes de raíces (Colombi *et al.* 2015) se pudo determinar que la forma y distribución de raíces en el suelo del estudio varió en función del régimen de riego al que se sometió el cultivo. La distribución de las raíces en cada tratamiento es visible en el **Cuadro 7. 1** y en la **Figura 7.1**.

**Cuadro 7. 1.** Distribución de las raíces en distintos tratamientos de riego.

Variable medida	Tratamientos (% ETo)		
	T100%	T75%	T50%
Masa subterránea (raíces), materia seca 72 horas a 85°C (g)	43,7 ± 11,0 a	42,7 ± 7,5 a	29,0 ± 13,2 b
Profundidad del 25% de raíces (cm)	4,0 ± 0,7 a	3,0 ± 0,6 b	3,9 ± 0,6 a
Profundidad del 50% de raíces (cm)	7,7 ± 1,3 a	6,5 ± 1,2 a	7,1 ± 0,9 a
Profundidad del 75% de raíces (cm)	12,3 ± 2,3 a	11,4 ± 2,1 a	10,4 ± 1,3 a
Profundidad del 95% de raíces (cm)	19,9 ± 4,9 a	18,3 ± 5,5 a	14,6 ± 2,3 a
Profundidad del 99% de raíces (cm)	25,7 ± 6,2 a	22,8 ± 6,4 a	18,6 ± 2,8 a
Ancho del 50% de las raíces (cm)	11,4 ± 3,6 a	12,3 ± 1,6 a	8,8 ± 1,6 a
Ancho del 95% de las raíces (cm)	41,7 ± 14,9 a	43,2 ± 9,0 a	36,0 ± 9,0 a
Ángulo de apertura de las raíces (°)	154,6 ± 20,1 ab	172,4 ± 7,7 a	138,6 ± 22,0 b
Área del corte transversal (cm <sup>2</sup> )	239,5 ± 59,3 a	250,4 ± 52,0 a	157,3 ± 50,3 b

Nivel de significancia del 95%, análisis de rango múltiple de Duncan.

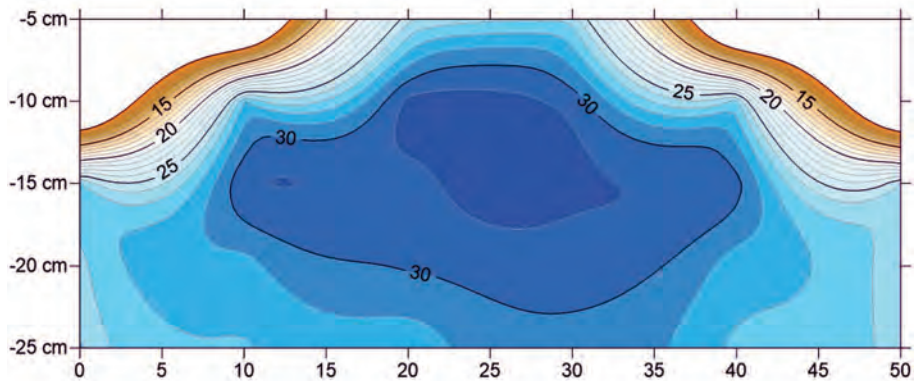


**Figura 7.1.** Distribución de las raíces en distintos tratamientos de riego. T50 (izquierda), T75 (centro) y T100 (derecha)

De acuerdo al **Cuadro 7. 1**, el cultivo de pepino dulce presenta una disminución en la cantidad de raíces, tanto en masa como en área de exploración, cuando se repone el 50% de la demanda evaporativa, en relación a la reposición del 100 y 75%. La profundidad de exploración no supera el rango de los 25-30 cm, mientras que el ancho de exploración está en el rango del 50% al 60% de la entre hilera (1,5 m). Esto se puede visualizar gráficamente en la **Figura 7.1**.

Lo anterior indica al cultivo de pepino dulce como de arraigamiento superficial, menor a 35 cm, al mismo tiempo que se describe un ancho de zona de raíces de 45 cm. Los tiempos de riego, por lo tanto, se deben acotar para lograr un bulbo de mojamiento que no exceda las dimensiones del crecimiento radical.

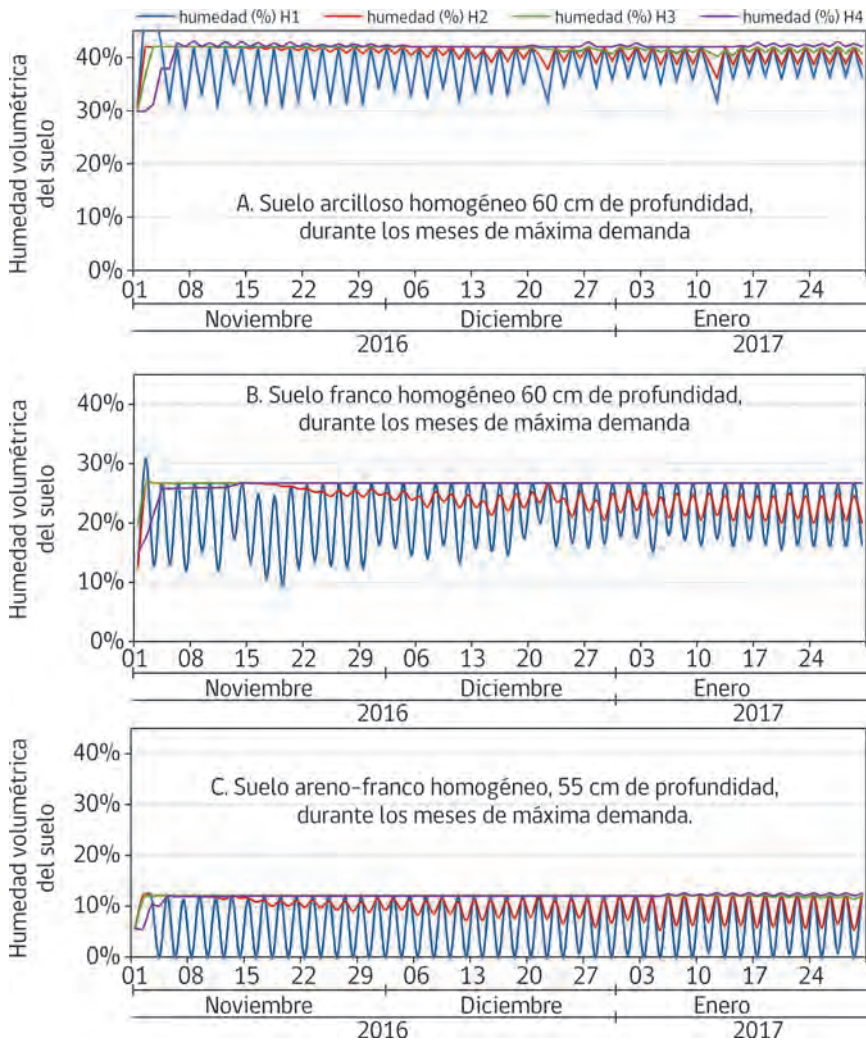
El control correcto de humedad de suelo con sensores, es recomendable a una profundidad de 5, 15 y 25 cm, en forma de cruz para considerar la variabilidad espacial en que se distribuye el agua en el suelo (**Figura 7.2**) de modo que el primer punto (1') indica la frecuencia de riego, los 3 intermedios (2, 3, 4) la expansión del bulbo de mojamiento y por lo tanto la posición de la o las líneas de riego (que debe superponerse a la zona de raíces) mientras que sensor inferior (5') indica si existe exceso de agua en profundidad y determina el tiempo de riego. La cantidad de agua a reponer es la diferencia entre el promedio de la humedad evaluada y la humedad de Capacidad de Campo (CC) para este suelo.



**Figura 7.2.** Distribución de la humedad de suelo 24 horas después de un riego de 2 horas de duración en suelo franco con cultivo de pepino dulce en Pan de Azúcar.

Un registro de contenido de agua de suelo a distintas profundidades, denominados horizonte 1, 2, 3 y 4 (H1, H2, H3 y H4) y en distintos tipos de suelo (a, b y c) se puede ver en la **Figura 7.3**. Cabe destacar la importancia que tiene el riego inicial para llevar la humedad del suelo al rango de humedad fácilmente aprovechable por la planta. Distintos tipos de suelo requieren una frecuencia y cantidad distinta de riego; de igual manera existen diferencias en lo que es humedad idónea para cada uno (a, b y c en **Figura 7.3**). En el caso de un suelo arcilloso, la humedad idónea se mueve entre 35 a 42% durante los meses de

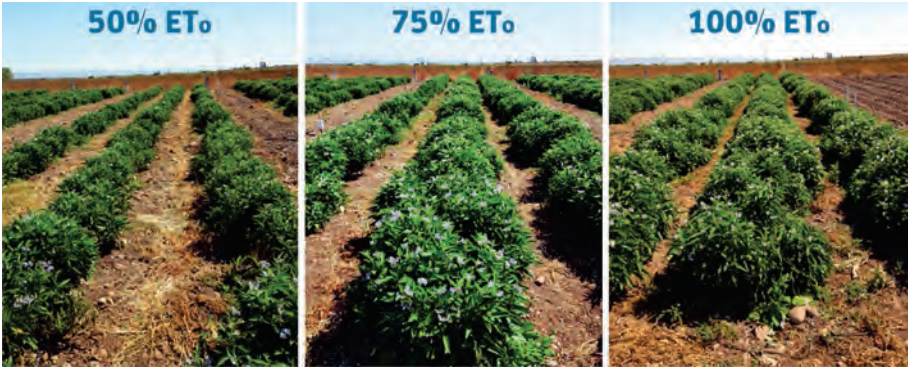
máxima demanda evapotranspirativa, mientras que en un suelo franco el rango va entre 16 y 27% y en uno arenoso de 5 a 13%, y en este último caso requiere más de un riego corto por día.



**Figura 7.3.** Humedades idóneas de suelo (dentro del rango de humedad fácilmente aprovechable) para distintos tipos de suelo durante los 3 primeros meses del cultivo de pepino dulce, bajo las condiciones meteorológicas de la localidad de Cerrillos de Tamaya (modelo ideal para cada suelo).

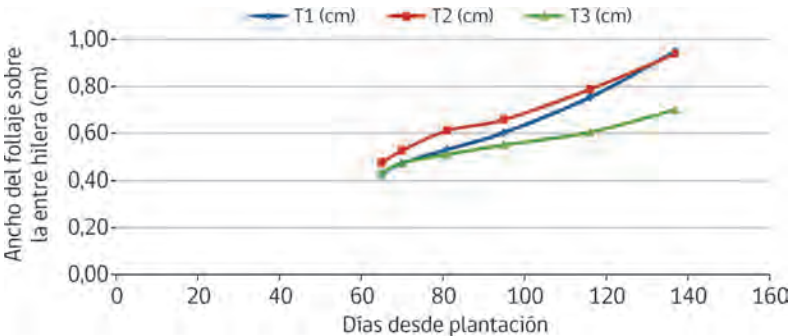
## 7.1.2. Agua utilizada en la transpiración del cultivo de pepino dulce

Ensayos de riego realizados por INIA en la localidad de Cerrillos de Tamaya durante la temporada 2016-2018, permitieron evaluar el comportamiento del cultivo de pepino dulce bajo tres regímenes de riego relativos a la evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>) (Figura 7.4).



**Figura 7.4.** Ensayos de riego en Cerrillos de Tamaya con distintas tasas de reposición de la demanda evapotranspirativa mediante riego por goteo, Ovalle. 2016-2017. DSH = 40 cm, DEH= 150 cm. Día 139 desde plantación.

En el pepino dulce, la tasa de cobertura se relaciona con los tratamientos de riego aplicados T1 (100%), T2 (75%) y T3 (50%), donde el ancho del follaje sobre la entre hilera, se ve afectada por las condiciones hídricas del suelo. Las tasas del 50% de la ET<sub>0</sub> y del 100% de la ET<sub>0</sub>, disminuyen y retrasan la cobertura foliar, respectivamente, de la tasa de riego del 75%. Lo anterior se puede ver en la **Figura 7.5**.



**Figura 7.5.** Cobertura del cultivo de pepino dulce bajo distintos regímenes de riego en la localidad de Cerrillos de Tamaya durante la temporada 2016-2017.



Debido a los resultados obtenidos en Cerrillos de Tamaya, se realizó una verificación de la tasa de riego al 75% de la ETo en la Parcela Experimental de INIA en Pan de Azúcar. La principal diferencia entre ambos sitios de estudio es la ETo mayor en Cerrillos de Tamaya ( $5,2 \text{ mm día}^{-1}$ )<sup>1</sup> que en Pan de Azúcar ( $4,4 \text{ mm día}^{-1}$ ) y el tipo de suelo; siendo el primer caso un suelo arcilloso, mientras que en Pan de Azúcar el cultivo se desarrolló en un suelo franco (**Figura 7.6**).

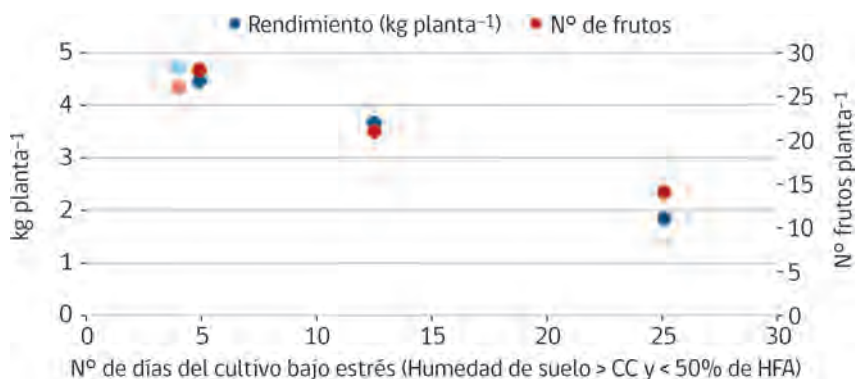


**Figura 7.6.** Ensayo de riego en Pan de Azúcar, Coquimbo. 2017–2018. Tasa de reposición de riego del 75% de la ETo. Distancia sobre Hilera = 40cm, Distancia entre Hilera = 150cm.

De los ensayos realizados en Cerrillos de Tamaya y en Pan de Azúcar, se pudo obtener la relación entre riego y rendimiento (**Figura 7.7**). Se aprecia que la producción, tanto en número de frutos como en kilogramos por planta, es inversamente proporcional al número de días a que la planta se somete a estrés hídrico, contabilizando este estrés como días bajo el Umbral de riego (UR), es decir un suelo relativamente seco; así como los días en que se mantuvo el cultivo en condiciones de saturación de suelo, sobre capacidad de campo, durante el periodo comprendido entre cuaja de frutos (primera quincena de diciembre) y la primera quincena de mayo.

---

<sup>1</sup> Promedio de la localidad en el mes de máxima demanda, enero, según estaciones meteorológicas de Pan de Azúcar y Algarrobo Bajo de la red agro-meteorológica nacional.



**Figura 7.7.** Relación entre el número de días bajo estrés hídrico desde inicio de cuaja y el rendimiento. Distancia sobre hilera (DSH)= 40 cm, distancia entre hilera (DEH)= 150 cm. Se agregan a esta figura los resultados de la localidad de Pan de Azúcar para el ensayo de 75% de ETo (símbolos más claros).

Además de rendimiento cuantitativo, el pepino dulce mostró el mismo comportamiento al analizar la distribución de la fruta cosechada para cada tratamiento de riego, como se puede ver en **Cuadro 7.2**, donde los calibres de mayor tamaño se concentran en el tratamiento del 75% de la ETo, mientras que un riego mayor (100% de la ETo) presenta más frutos de menor calibre y un menor rendimiento general, mientras que un riego menor (50% de la ETo) presenta menor número de frutos y kilogramos totales.

**Cuadro 7.2.** Rendimiento de pepino dulce bajo distintas tasas de riego y la distribución en calibres.

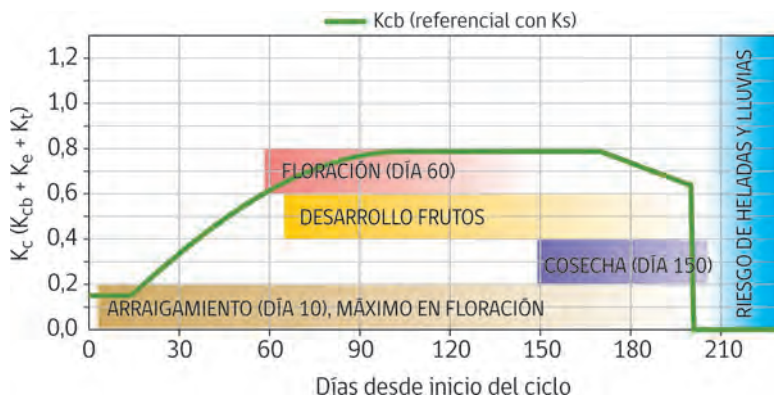
Tratamiento	Calibre 1 (>150 g)		Calibre 2 (90-150 g)		Calibre 3 (< 90 g)		Total	
	Nº	kg planta <sup>-1</sup>	Nº	kg planta <sup>-1</sup>	Nº	kg planta <sup>-1</sup>	Nº	kg planta <sup>-1</sup>
100% ETo *	14	2,73	7	0,87	1	0,05	21 ab	3,65 a
75% ETo *	15	3,04	10	1,28	2	0,14	28 a	4,46 a
50% ETo*	4	0,73	8	0,97	2	0,14	14 b	1,84 b
75% ETo **	16	3,70	7	0,80	2	0,10	26	4,80

\*Cerrillos de Tamaya 2016-2017.

\*\* Pan de Azúcar 2017-2018.

La tasa de riego es función del producto entre el coeficiente de cultivo basal (Kcb) y la demanda evapotranspirativa, por lo anterior, se presenta la curva de crecimiento del pepino dulce desarrollada en base a monitoreo del índice vege-

tacional NDVI (**Figura 7.8**) de los distintos ensayos y las tasas de riego efectivas de mayor rendimiento (75% de la  $ETo$ ). Esta curva es extrapolable a otras condiciones climáticas de la región de Coquimbo para fines de programación de riego y balance hídrico al realizar los cálculos bajo la metodología del coeficiente de cultivo dual del boletín FAO 56, para lo cual se presentan las variables del pepino dulce en **Cuadro 7.3**. Cabe señalar que el **Cuadro 7.3**, indica como fin del cultivo la temporada de riesgo de heladas y lluvias en la región de Coquimbo, que es cuando usualmente se deteriora la producción del cultivo y se da por terminado, pero en ciertas localidades, especialmente en algunas áreas comunales de Cerrillos de Tamaya, esto no ocurre y se puede cosechar hasta primavera.



**Figura 7.8.** Curva de crecimiento Pepino dulce desarrollada en base a series temporales de NDVI y mediciones de crecimiento en terreno.

**Cuadro 7.3.** Listado de parámetros de cultivo de pepino dulce, necesarios para realizar cálculos de riego mediante la metodología del coeficiente de cultivo dual publicado por la FAO en el Boletín N°56.

	Profundidad arraigamiento máximo (m)	Umbral crítico (a $ET$ de $5 \text{ mm día}^{-1}$ )		$K_{cb}$ inicial	$K_{cb}$ medio	$K_{cb}$ final
Pepino Dulce, INIA 75% $ETo$	0,35	0,40		0,15	0,80	0,65
Altura máxima del cultivo (m)	Fecha de plantación	Etapas inicial (días)	Etapas de desarrollo (días)	Etapas media (días)	Etapas tardías (días)	Total (días)
0,6	noviembre	15	90	65	30	200



## 7.2 Riego del pepino dulce

Con los antecedentes obtenidos, se estimó la demanda hídrica del pepino dulce para dos zonas de producción de la región de Coquimbo: Pan de Azúcar y Cerrillos de Tamaya. Para la estimación de demanda hídrica en base a los ensayos realizados, la metodología utilizada implicó el uso del modelo de "Coeficiente de cultivo dual (kc dual)- Evapotranspiración de referencia" indicado en el Manual FAO N°56 (Allen *et al.* 1998 y 2005, Jensen y Allen 2006), el cual permite implementar un balance hídrico en el suelo utilizando el coeficiente de cultivo (Kcb), un coeficiente de estrés (Ks) asociado al agotamiento de humedad en el suelo, un coeficiente de evaporación directa (Ke) y la demanda ambiental (ETo) del sitio siguiendo la relación  $ETc=(Kcb \cdot Ks + Ke) \cdot ETo$ .

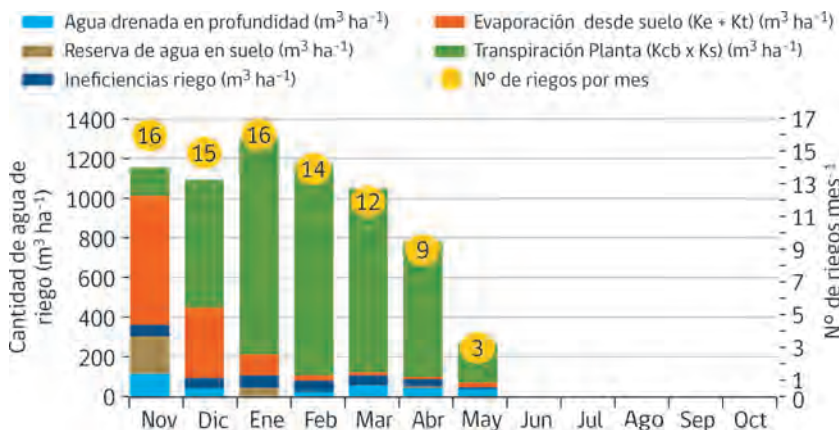
El modelo fue alimentado con tres antecedentes esenciales:

- 1) Información meteorológica de la plataforma AGROMET para estimar la demanda ambiental local (obtención de ETo diaria, (ASCE-EWRI, 2004).
- 2) Información del ciclo de crecimiento del cultivo obtenida a partir de imágenes satelitales multi-espectrales (Calera *et al.* 2010, 2017) apoyada en mediciones de raíces y follaje.
- 3) Información de la curva característica de retención de humedad en el suelo (medida en laboratorio junto a otras propiedades físicas derivadas de ecuaciones pedogenéticas (Saxton *et al.* 2006) y el modelamiento de la conductividad hidráulica y ascenso capilar (Van Genuchten 1980, Wösten *et al.* 1999 y 2001).

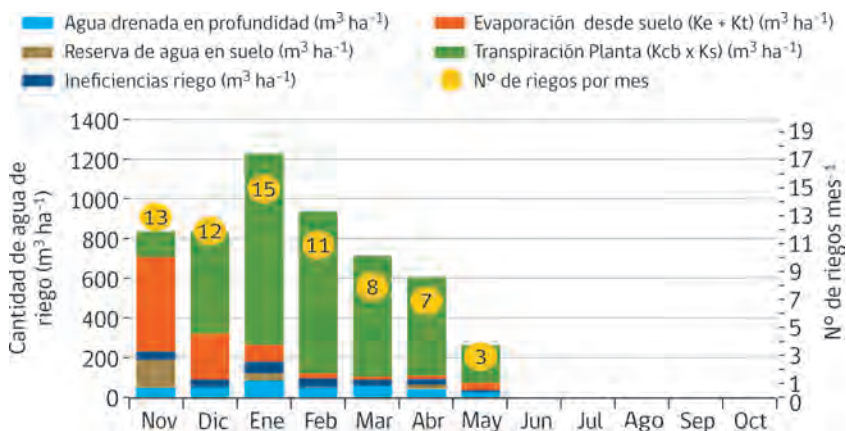
Según se puede ver en las **Figuras 7.9 y 7.10**, la distribución de la demanda hídrica sigue patrones distintos en ambas localidades. En Cerrillos de Tamaya la demanda hídrica se considera alta desde la plantación en noviembre y diciembre, mientras que en Pan de Azúcar el máximo de demanda se alcanza el mes de enero. Desde febrero en adelante las necesidades de riego tienden a equipararse. Además, existe una diferencia en el número de riegos necesarios de realizar<sup>2</sup> debido en parte a las características del suelo y el secamiento superficial de este.

---

<sup>2</sup> Se considera sistema de riego a línea simple con goteros de 1 litro por hora, a 20 cm de DSH y 150 cm DEH.



**Figura 7.9.** Balance hídrico estimado para riego de pepino dulce plantado el 1° de noviembre en Cerrillos de Tamaya durante la temporada 2016-2017. Suelo Arcilloso.



**Figura 7.10.** Balance hídrico estimado para riego de pepino dulce plantado el 1° de noviembre en Pan de Azúcar durante la temporada 2017-2018. Suelo Franco.

La demanda hídrica óptima para la temporada de ensayo corresponde a  $6.250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (**Cuadro 7.4**), lo que se condice con experiencias realizadas por INIA en la misma localidad de Cerrillos de Tamaya durante la temporada 1996-1997 con una demanda de  $6.661 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y rendimientos de entre  $30$  y  $33 \text{ t ha}^{-1}$ .

Se estima que el consumo de agua de riego para el pepino dulce, para las condiciones recomendadas en este estudio, es de  $6.250 \text{ m}^3$  en Cerrillos de Tamaya y hasta  $4.950 \text{ m}^3$  en la localidad de Pan de Azúcar (**Cuadro 7.5**).

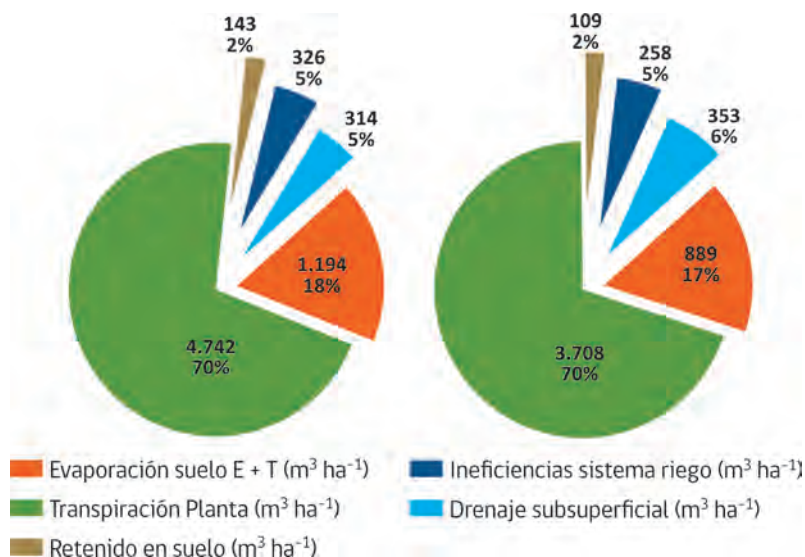
**Cuadro 7.4.** Coeficiente de cultivo y consumo de agua por mes para los ensayos realizados en Cerrillos de Tamaya.

Mes	Kc calculado (promedio)	Demanda calculada (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Nº de riegos por mes	Horas riego promedio por evento
Enero	0,82	1.194	16	2,2
Febrero	0,84	1.114	15	2,1
Marzo	0,82	998	16	2,4
Abril	0,81	738	14	2,4
Mayo	0,42	260	12	2,5
Junio	0,00	0	9	2,5
Julio	0,00	0	3	2,1
Agosto	0,00	0	0	0,0
Septiembre	0,00	0	0	0,0
Octubre	0,00	0	0	0,0
Noviembre	0,58	906	0	0,0
Diciembre	0,72	1.041	0	0,0
<b>Total</b>		<b>6.250</b>	<b>85</b>	<b>195,3</b>

**Cuadro 7.5.** Coeficiente de cultivo y consumo de agua por mes para los ensayos realizados en Pan de Azúcar.

Mes	Kc calculado (promedio)	Demanda calculada (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Nº de riegos por mes	Horas riego promedio por evento
Enero	0,74	1.132	13	2,0
Febrero	0,79	889	12	2,0
Marzo	0,73	681	15	2,4
Abril	0,75	553	11	2,4
Mayo	0,46	251	8	2,4
Junio	0,00	0	7	2,5
Julio	0,00	0	3	2,2
Agosto	0,00	0	0	0,0
Septiembre	0,00	0	0	0,0
Octubre	0,00	0	0	0,0
Noviembre	0,55	654	0	0,0
Diciembre	0,63	791	0	0,0
<b>Total</b>		<b>4.950</b>	<b>69</b>	<b>154,9</b>

En la **Figura 7.11** Demanda hídrica ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) pepino dulce Cerrillos de Tamaya (izq) y Pan de Azúcar (der), se observa cuanto del consumo de agua de riego, se utiliza realmente por el cultivo ya que existe un 30% de agua que no es utilizada directamente y que bajo ciertas condiciones de manejo, es posible evitar.

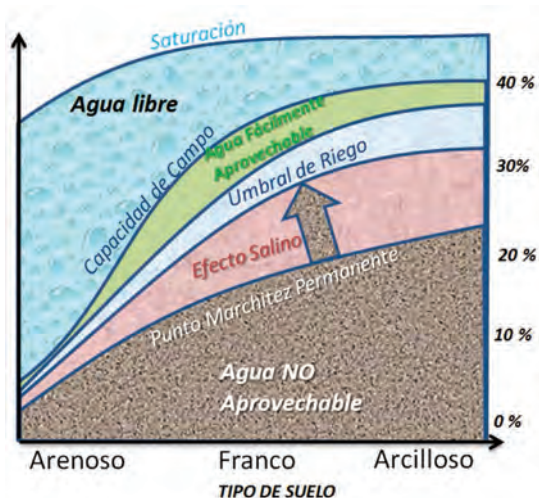


**Figura 7.11.** Demanda hídrica ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) pepino dulce Cerrillos de Tamaya (izquierda) y Pan de Azúcar (derecha).

## 7.3 Control de salinidad

La salinidad del suelo es consecuencia directa de la calidad del agua de riego utilizada. El efecto salino actúa, en la práctica, disminuyendo la fracción de humedad aprovechable para la planta, ya que aumenta la tensión con la que es retenida el agua en el suelo, haciendo más difícil para el cultivo su extracción. En la práctica se manifiesta de forma similar al estrés hídrico. Lo anterior se graficó en la **Figura 7.12**.

El efecto de la salinidad en el cultivo de pepino dulce se puede ver en la **Figura 7.13**, donde se observa un decaimiento general del vigor de la planta luego de una crecida de río que depositó material aluvial con alta salinidad en el suelo.



**Figura 7.12.** Esquema de como la salinidad del suelo actúa estrechando los rangos de humedad aprovechable y fácilmente aprovechable del cultivo. (Fuente Propia).



**Figura 7.13.** Cultivo de Pepino Dulce afectado negativamente por salinidad del suelo (4,5 dS/m) en localidad de San Pedro, Copiapó.

La calidad del agua de riego está en gran parte asociada a los solutos presentes en ella. Ya sea por efecto osmótico ( $\psi$ ) en el caso de la salinidad, toxicidades

específicas o disminución de la infiltración de agua en el suelo, los cultivos disminuyen su productividad por diversos mecanismos en proporción a la intensidad del efecto y su tolerancia o adaptación, lo cual se esquematiza en la **Figura 7.14**.



**Figura 7.14.** Esquematización que representa el límite tolerado por el cultivo de pepino dulce en cuanto a salinidad medida en extracto saturado 2,5:1. Superado este límite, los modelos indican que existe un decaimiento lineal de los rendimientos, que en el caso de pepino dulce se refiere a unidades comercializables.

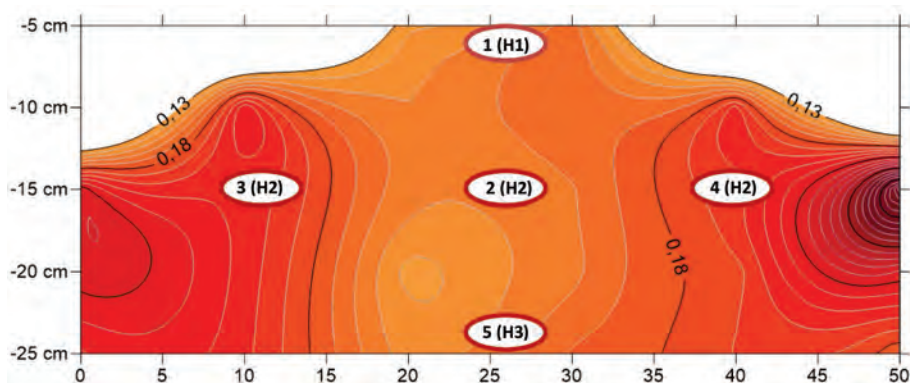
El efecto salino usualmente se mide como conductividad eléctrica del agua (ECw) o, en el caso del suelo (ECS), se mide en un extracto en pasta saturada. Las unidades usuales son mmhos m<sup>-1</sup>, μS cm<sup>-1</sup> o dS m<sup>-1</sup>. Para monitorear la salinidad del agua de riego se puede hacer uso de sensores móviles o enviar muestras a laboratorios especializados.

Bajo las condiciones de riesgo de salinización imperantes en la región de Coquimbo, es recomendable hacer, el monitoreo de humedad y salinidad de suelo<sup>3</sup>. Lo anterior resguardando que el frente salino no avance hacia la zona de raíces, el cual, en el caso del riego por goteo, se genera en los bordes del bulbo de mojamiento; lo anterior se visualiza en la **Figura 7.15**.

El mayor riesgo de afectación del cultivo por salinidad ocurre si luego de varios ciclos de riego y fertirrigación, se mueve el frente salino debido a una lluvia de mediana intensidad (10-20 mm), desplazando las sales horizontalmente

<sup>3</sup> La salinidad evaluada





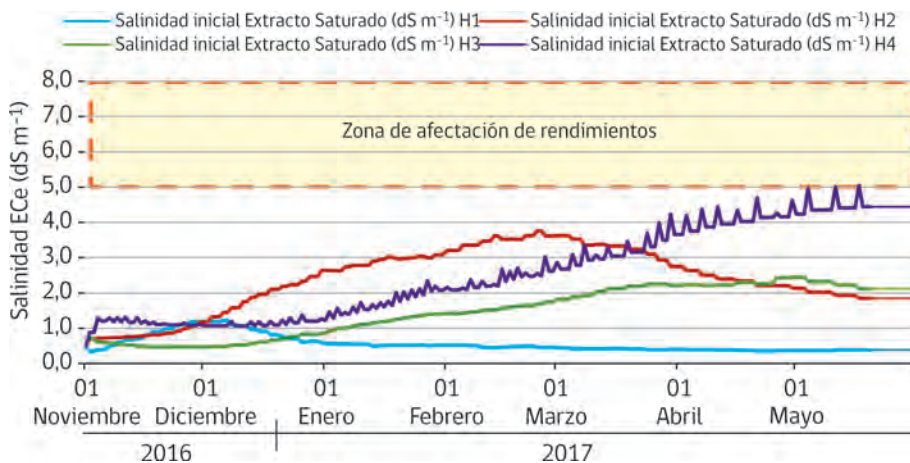
**Figura 7.15.** Distribución de la salinidad aparente en el perfil del suelo de pepino dulce regado con agua de salinidad de  $0,6 \text{ dS m}^{-1}$  en Pan de Azúcar; día 55 desde plantación.

hacia la zona de raíces. En caso de ocurrir esta situación bajo condiciones de alta salinidad, se deben realizar riegos largos (incluso si llueve) para realizar la lixiviación horizontal.

Ensayos realizados en Valencia, España respecto a la salinidad y fertilización sobre distintos híbridos de pepino dulce, mostraron que el efecto osmótico, medido como conductividad eléctrica (C.E.) puede disminuir la producción del pepino dulce, afectando mayormente el peso medio de los frutos y en menor medida el número de frutos, donde una C.E. de  $8,0 \text{ dS m}^{-1}$ , disminuyó en un 24% la producción respecto a un control de  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ .

El umbral anteriormente señalado, de  $8,0 \text{ dS m}^{-1}$  fue también comprobado por Soltekin *et al.* (2012) para una variedad de pepino dulce bajo invernadero, mostrando además que con  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  el decrecimiento en producción alcanzó un 17%; además el experimento también mostró que aumentos graduales de salinidad, generan una mayor tolerancia del cultivo. Otros efectos es un acortamiento de los tallos en torno a un 10%, un retraso de la floración en una semana y un adelanto de la maduración en 9 días (Ruiz y Núñez, 1994). Se determinó que los sólidos solubles pueden aumentar debido a la salinidad en hasta  $2^\circ\text{Brix}$  pero en una mínima proporción de los frutos cosechados (12 a 3 %) (Prohens *et al.* 1998). Esta disminución de rendimiento esta asociada a una disminución de la tasa fotosintética (26% a 35%) (Chen *et al.* 1999).

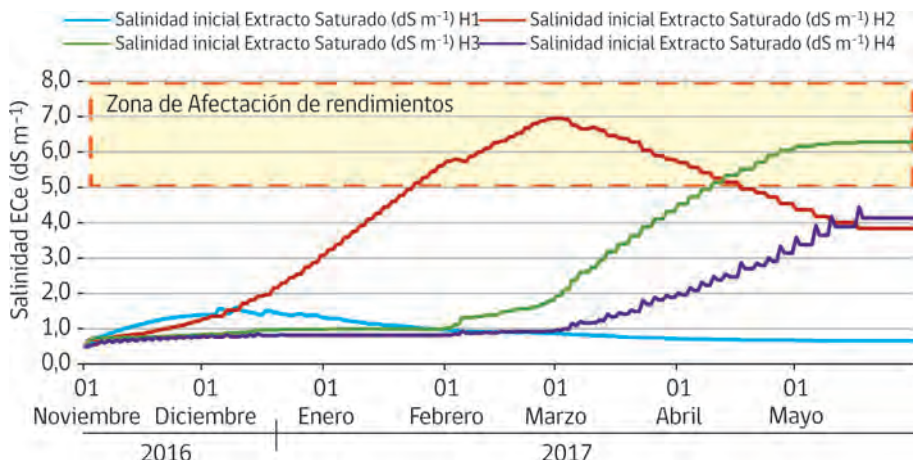
Respecto a la conductividad eléctrica esperada bajo estos manejos de riego, se estima que con agua de riego con una C.E. de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$  se obtenga una C.E. en extracto saturado de suelo de entre  $0,4$  y  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$  en el caso de Pan de Azúcar, con una tendencia a la mayor salinización del horizonte 4 (H4) como receptor del agua de lixiviación de los horizontes superficiales, mientras que el horizonte superficial (H1) presenta la menor salinidad debido al constante lavado, producto de los riegos; los horizontes intermedios (H2 y H3) presentan un promedio de H1 y H4 alojado en los bordes del bulbo de mojamamiento (**Figura 7.16**).



**Figura 7.16.** Evolución estimada de la salinidad pepino dulce Pan de Azúcar, suelo franco, 6% de fracción de lavado.

En el caso de Cerrillos de Tamaya, se estima que con agua de riego con una C.E. de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$  se alcanza una C.E. en extracto saturado del suelo de entre  $0,6$  y  $6,8 \text{ dS m}^{-1}$ , con una tendencia a la mayor salinización del horizonte 2 y 3 (H2 y H3) como receptores del agua de lixiviación del horizonte superficial (H1) y dado que el horizonte inferior (H4) posee una baja conductividad hidráulica (**Figura 7.17**).

Cabe señalar que bajo las condiciones de drenaje de Cerrillos de Tamaya (suelo arcilloso de baja conductividad hidráulica), la fracción de lavado de sales mediante riego es de difícil aplicación, quedando en gran parte supeditada la desalinización a los eventos de lluvias o riegos por inundación que, de no ocurrir en cantidad importante ( $> 50\text{mm}$ ), acarrearán problemas de rendimiento para la siguiente temporada.



**Figura 7.17.** Evolución estimada de la salinidad del pepino dulce, Cerrillos de Tamaya. Suelo Arcilloso con problemas de infiltración, 5% de fracción de lavado.

Según la literatura consultada respecto a los umbrales de salinidad, es de esperar un mayor riesgo de disminución de los rendimientos debido a una alta C.E. en los suelos en la localidad de Cerrillos de Tamaya comparado con Pan de Azúcar. Lugar donde la salinidad del horizonte H2 alcanza un máximo cercano a 7,0 dS m<sup>-1</sup> dentro de la zona de estrés y disminución de rendimientos. Este efecto se ve disminuido en suelos de mayor capacidad de drenaje, donde las sales pueden ser lixiviadas libremente.

## Conclusión

Se puede concluir que el pepino dulce presenta una tolerancia moderada a la salinidad del suelo, requiriendo un riego equivalente al 75% de la ETo para su óptima producción, siendo los rendimientos muy dependientes del número de días al que se somete a estrés el cultivo, por lo que se debe favorecer riegos frecuentes que permitan sostener la humedad de suelo dentro de los umbrales fácilmente aprovechables.

# Bibliografía

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration—guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Allen, R.G., I.A. Walter, R. Elliott, T.A. Howell, D. Itenfisu, and M.E. Jensen. 2005. The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Idaho, Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration. 173 p.
- Wösten, J.H.M., Y.A. Pachepsky and W.J. Rawls. 2001. Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. *Journal of Hydrology*, 251(3-4):123-150.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, M. Smith, D. Raes and J. L. Wright. 2005. FAO-56 Dual crop coefficient method for estimating evaporation from soil and application extensions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 131(1):2-13.
- Calera, A., I. Campos, A. Osann, G. D'Urso and M. Menenti. 2017. Remote sensing for crop water management: From ET modelling to services for the end users. *Sensors*. 11:17(5).
- Colombi, T., N. Kirchgessner, Ch.A. Le Marié, L. Matthew Y., J. P. Lynch and A. Hund. 2015. Nex generation shovelomics: set up a tent and REST. *Plant Soil*, 388(1-2):1-20.
- Chen, K., H. Guoqian and F. Lenz. Effects of NaCl salinity and CO<sub>2</sub> enrichment on pepino (*Solanum muricatum* Ait.) *Scientia Horticulturae* 81(1):25-41.
- Jensen, M. and R.G. Allen. 2016. Evaporation, Evapotranspiration, and Irrigation Water Requirements. Manuals and Reports on Engineering Practice No.70. Second Edition. Environmental & Water Resources Institute. ASCE. 744 p.
- Pluda, D., H.D. Rabinowitch and U. Kafkafi. 1993. Pepino Dulce (*Solanum muricatum* Ait.) Quality Characteristics Respond to Nitrogen Nutrition and Salinity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118(1):86-91.

Saxton, K.E. and W. J. Rawls. 2006. Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. Soil Science Society of America, 70:1569-1578.

Soltekin, O., Y. Tuzel, G.B. Oztekin and I.H. Tüzel. 2012. Response of pepino (*Solanum muricatum* Aiton) To salinity. Acta Horticulturae, 960(960):425-431.

Van Genuchten, M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, 44(5):892-898.

Wösten, J.H.M., A. Lilly, A. Nemes and C. Le Bas. 1999. Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. Geoderma, 90(3-4):169-185.

