

## Parte 5.

# Manejo del riego para optimizar el rendimiento comercial de lechugas

### **Alejandro Antúnez B.**

Ingeniero Agrónomo Ph.D.  
aantunezb@inia.cl

### **Sofía Felmer E.**

Ingeniero Agrónomo  
sfelmer@inia.cl

### **Marcelo Vidal S.**

Ingeniero Agrónomo  
marcelo.vidal@inia.cl

## Aspectos generales

La lechuga es la hortaliza con mayor tasa de consumo e importancia económica del mundo (Coelho *et al.*, 2005). La lechuga, después del choclo y el tomate, es la hortaliza de mayor superficie en Chile, representando en promedio de los últimos 7 años el 9% de la superficie total; lo que equivale, aproximadamente, a unas 6.900 hectáreas anuales (Saavedra, 2017).

La Región Metropolitana cuenta con una superficie de 15.403,2 kilómetros cuadrados, que representa únicamente el 2% del territorio nacional. A pesar de esto, concentra poco más del 40% de la población nacional. En la Región, la superficie cultivada con lechuga es de 1.830 hectáreas, representando un 25,7% de la superficie nacional (Odepa 2019). El cambio climático ha influenciado en la distribución e intensidad de las precipitaciones en la zona central de Chile, condicionando la disponibilidad del recurso para la agricultura (Cifuentes y Meza, 2008).

La cantidad de agua de riego aplicada es un factor importante para obtener el máximo rendimiento por hectárea, el crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga aumenta en respuesta a la aplicación de agua (Sánchez, 2000). Se ha reportado que la lechuga es muy sensible al déficit o exceso de agua, debido al crecimiento superficial de las raíces en el suelo. Por tal motivo, programar la

aplicación del riego es muy importante en el cultivo, ya que el exceso de riego genera enfermedades, mientras que el déficit genera estrés y reducción del rendimiento comercial (Yazgan *et al.*, 2008). Van Bruggen *et al.*, (1990), señala que el rendimiento del cultivo de lechuga depende de múltiples factores como la temperatura, la humedad ambiental y la humedad del suelo.

El adecuado manejo del agua de riego tiene gran relevancia en la horticultura nacional, determinando la producción y calidad que define el retorno por ventas al productor (Saavedra, 2017). En relación al riego, se debe considerar, al menos, la disponibilidad de agua, la especie y variedad, la densidad de plantación, la calidad química y biológica del agua, los períodos fenológicos críticos de la especie y el instrumental que ayude a la programación y control del riego.

Este capítulo, busca orientar al productor de lechuga en las interrogantes básicas que determinarán el manejo y programación del riego para lograr adecuados niveles de producción y calidad.

En términos generales, el cultivo de lechuga requiere suficiente agua para reponer la humedad perdida por evapotranspiración (ET). El riego también servirá para enfriar el cultivo por medio de la transpiración, especialmente en días muy caluroso, además de permitir la lixiviación de sales que se acumulan en la zona de raíces.

La mayor cantidad de agua que se requiere en la producción de lechugas se utiliza en los últimos 30 días del cultivo, cuando las tasas de evapotranspiración son máximas, dependiendo la época de cultivo. Como se revisará en este capítulo, la cantidad de agua que requiere la lechuga dependerá de las condiciones meteorológicas durante el ciclo de cultivo, de las propiedades físicas de retención de agua en el suelo, y de las prácticas de riego. El exceso o déficit de agua aplicado al cultivo, tendrá un efecto marcado sobre la calidad y rendimiento comercial en el cultivo, como se estudió extensivamente en lechugas tipo Iceberg en la Región Metropolitana.

## **Disponibilidad y calidad de agua en lechugas**

La disponibilidad de agua determinará la superficie a establecer con lechugas. En el diseño de riego en Chile, en general, se proyectan sistemas que cuenten con una adecuada seguridad de riego. Para ello, se desarrolla un ejercicio estándar que permite determinar el "caudal disponible con 85% de probabilidad

de excedencia" (Q85%). En términos sencillos, este valor representa el volumen de agua por unidad de tiempo que posee el predio en al menos 85 años en una serie de 100.

Una adecuada determinación de la disponibilidad de agua, determinará en gran parte el éxito de la producción de lechugas. Como en todas las hortalizas, la escasez de agua de riego afectará fuertemente el rendimiento y calidad del cultivo. En años escasez de agua, se recomienda ajustar la superficie regada a la disponibilidad real de agua. En términos generales, la disponibilidad de agua necesaria para cultivar una hectárea de hortalizas en rotación (considerando especies de diferente requerimiento hídrico) equivale a aproximadamente 1 L/s. Es decir, un productor que tenga un pozo noria de caudal 3 L/s, puede cultivar y regar adecuadamente una superficie de 3 hectáreas de hortalizas regadas por goteo. Este requerimiento tenderá a aumentar en zonas en que se requiera regar en exceso para lixiviar sales y a disminuir en zonas donde esta práctica no sea necesaria por la ocurrencia de lluvias invernales.

## **Calidad química y biológica del agua de riego**

Los aspectos de calidad del agua de riego se relacionan con la conservación del recurso suelo y la mantención del equipo de riego en óptimas condiciones. También, la calidad química y microbiológica del agua adquiere especial relevancia de manera de responder a mercados cada vez más exigentes, sometidos a regulaciones de trazabilidad en la cadena productiva.

En el agua de riego, pueden estar disueltas una serie de cationes (calcio,  $\text{Ca}^{2+}$ ; sodio,  $\text{Na}^+$ , magnesio,  $\text{Mg}^{2+}$ , potasio,  $\text{K}^+$ ) y aniones (cloruro,  $\text{Cl}^-$ ; sulfato,  $\text{SO}_4^{2-}$ ; carbonato,  $\text{CO}_3\text{H}^-$ ; bicarbonato,  $\text{CO}_3^{2-}$ ) que se van acumulando en el perfil de suelo. El uso regular de aguas salinas, contribuye a aumentar la salinización del suelo y la consiguiente disminución de la productividad del cultivo. La salinización del suelo determina el incremento del potencial osmótico del mismo, con lo cual se dificulta la capacidad de absorción de agua por parte de las raíces de una planta. Además, salinidad con alto contenido de sodio y bajo en calcio, induce problemas de estructuración del suelo, que reduce la infiltración de agua en el suelo y puede llegar a causar obstrucción en equipos de riego localizado y emisores.

La evaluación de la calidad del agua, se hace por medio de un análisis químico, físico y microbiológico, a partir de una muestra de agua de riego. Los principales parámetros que definen el riesgo del uso de un determinado tipo de agua son el

contenido salino (C) expresado en g/L y la conductividad eléctrica (CE) en dS/m ( $C = 0,64 \times CE$ ). A partir de estos parámetros se evalúa el riesgo de salinización de un suelo regado, siguiendo las recomendaciones de FAO (Ayers *et al.*, 1985) incluidas en la **Tabla 13**.

**Tabla 13.** Niveles de riesgo de salinización a partir del contenido salino y la conductividad eléctrica del agua de riego.

Contenido salino (g/L)	Conductividad eléctrica (dS/m)	Riesgo
< 0,45	< 0,7	Ninguno
0,45 < C < 2,0	0,7 < CE < 3,0	Ligero a moderado
> 2,0	> 3,0	Alto, severo

Nota: (Ayers *et al.*, 1985).

En general, con contenidos mayores a 2 g/L o con conductividad eléctrica mayor a 3 dS/m, los problemas de salinidad pueden ser muy graves. En este caso, deben implementarse medidas de manejo tales como lavado frecuente de sales.

Se ha comprobado que con salinidad en el agua por sobre 1 dS/m, reduce el crecimiento y rendimiento del cultivo de lechugas y puede contribuir a la formación de un área salinizada en la superficie del suelo. Por su parte, la salinidad por sobre 2,1 dS/m en la pasta saturada del suelo puede reducir el rendimiento en lechugas. En estos casos, se necesitará aplicar una fracción de agua adicional a los requerimientos de evapotranspiración (fracción de lixiviación) que puede ascender a 30% o más de la demanda evapotranspirativa. Cabe señalar que el cultivo de lechugas es más sensible a la salinidad durante la germinación y transplante.

Además del criterio físico-químico, la calidad microbiológica del agua es de gran importancia tanto para el mercado nacional como internacional. La Norma Chilena (NCh 1333) clasifica como apta para riego, al agua con concentraciones menores a 1.000 coliformes totales por 100 mL, destinadas al cultivo de verduras y frutas que se desarrollen a ras de suelo y que habitualmente se consumen en estado crudo (Nissen, *et al.*, 2000). Este criterio se ajusta al de la Organización Mundial de la Salud (OMS), aunque difiere de la legislación de países desarrollados. Por ejemplo, la norma japonesa considera agua apta para riego al agua con concentraciones menores a 50 coliformes totales por 100 mL de agua, en tanto la norma del Estado de California debe contener menos de 2,2 coliformes totales por 100 mL para el riego de cultivos.

## **Demanda de agua en el cultivo de lechuga**

Básicamente, la cantidad de agua que necesita un cultivo de lechugas dependerá de la capacidad del suelo para retenerla, la cantidad de precipitación, y de la tasa de evapotranspiración de la superficie cultivada.

En cuanto a la capacidad de retención del suelo, para evaluar la cantidad de agua aprovechable para las plantas interesa conocer la fracción de agua que está entre capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). Capacidad de campo es el contenido de agua que queda retenida en el suelo luego de que éste se ha regado y dejado drenar libremente por un lapso de 24 a 48 horas y se mide en laboratorio sometiendo la muestra de suelo saturada a una succión de 1/3 de atmósfera.

El punto de marchitez permanente representa el límite inferior del agua retenida por el suelo disponible para la planta, y se mide en laboratorio sometiendo la muestra de suelo saturada a una succión de 15 atmósferas. De esta forma, descontando el valor de PMP del valor de CC del suelo, es posible calcular la cantidad de agua que retiene un suelo, la que multiplicada por la densidad aparente del suelo ( $D_a$ ) y la profundidad de suelo ( $Prof$ ), permite determinar la humedad aprovechable del suelo [ $HA = (CC - PMP) \times D_a \times Prof$ ].

En general, los suelos agrícolas que menos agua retienen son los del tipo arenoso, que pueden almacenar del orden de 40 mm de agua en un metro de profundidad de suelo. Un suelo que tenga poca retención de humedad, requerirá riegos frecuentes, con láminas de agua relativamente menores a reponer (tiempos de riego cortos). Por otro lado, suelos arcillosos finos pueden almacenar hasta 200 mm de agua en un metro de suelo, permitiendo riegos de menor frecuencia, pero con mayor carga de agua (tiempos de riego largos).

En términos fisiológicos, a medida que el suelo se deseca, el agua remanente no está igualmente disponible para la planta. La mayor disponibilidad de agua ocurre cuando el suelo está a capacidad de campo, disminuyendo gradualmente a medida que el suelo pierde humedad.

Las lechugas son extremadamente sensibles al estrés hídrico. Independientemente del tipo de riego que se utilice, la calidad y el rendimiento del cultivo se verá afectado si la oportunidad de riego se retrasa o si la humedad en el suelo cae a valores muy bajos. El efecto más evidente del estrés hídrico será la reducción del

tamaño y engrosamiento de las hojas de la lechuga, con una reducción notoria en la calidad del producto que dificultará su comercialización.

Se ha demostrado que en presencia de virus, el estrés hídrico puede agravar la condición del cultivo. En riego por surcos, para evitar el detrimento fisiológico de las plantas de lechuga por falta de agua fácilmente disponible, el riego se efectúa cuando se ha agotado cerca del 30% del agua aprovechable. En riego localizado en cambio, se recomienda el uso de riego frecuentes (agotamiento del 10 a 20% del agua aprovechable en el suelo), evitando la saturación del suelo que puede gatillar el ataque de patógenos que afecten al cuello de la planta.

La evapotranspiración del cultivo (ET) estará determinada por factores propios del clima de la zona y por aspectos específicos relacionados con la variedad, período fenológico, densidad de plantación y manejo del cultivo. Para el diseño de un sistema de riego, se debe conocer la evapotranspiración del cultivo de referencia de la zona (ET<sub>o</sub>). Al respecto, existen publicaciones nacionales que entregan valores medios mensuales de ET<sub>o</sub> para las principales localidades del país. Debe tenerse especial precaución para que el sistema satisfaga los requerimientos de ET<sub>c</sub> de los meses de máxima demanda del cultivo.

A nivel de campo, y con el fin de registrar la ET<sub>o</sub> de un determinado sitio, se recurre usualmente a dos tipos de medición: mediante el cómputo diario de ET<sub>o</sub> a partir de registros meteorológicos o a partir de la evaporación de bandeja. Cuando se decide implementar una estación meteorológica para el cómputo de la ET<sub>o</sub>, se requiere registrar radiación solar, temperatura, presión de vapor o humedad relativa y velocidad del viento. Estos datos se integran generalmente en la ecuación FAO 56 Penman-Monteith. En Chile, existe una amplia red de estaciones meteorológicas que pueden revisarse en el sitio [www.agromet.cl](http://www.agromet.cl).

## **Coefficientes de cultivo**

Para determinar la demanda del cultivo (ET<sub>c</sub>), es necesario multiplicar el término ET<sub>o</sub> por el valor del coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) para el tipo, variedad y densidad de plantación de la lechuga. Existen varias fuentes que reportan coeficientes de cultivo, aunque el propio productor puede validar y ajustar sus propios K<sub>c</sub> de acuerdo a su propia experiencia y manejo específico.

El coeficiente de cultivo según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para lechugas es 0,7 para la etapa inicial, 1,0 para la etapa media y 0,95 para la final (Allen *et al.*, 1998).

En la **Tabla 14**, se presenta un resumen de la duración de las etapas fenológicas publicadas en FAO 56, para lechuga (Allen *et al.*, 1998), con diferente propósito, en dos áreas agroecológicas.

**Tabla 14.** Duración de la etapa fenológica para lechuga (días).

Zona	Inicial	Desarrollo	Media	Final	Total
Tipo Mediterránea	30	40	25	10	105
Tipo Árida	25 días	35	30	10	100

Nota: (Allen *et al.*, 1998).

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

Las necesidades netas (NN) de riego estimadas para la zona central fluctúan en general entre 1.500 y 4.500 m<sup>3</sup>/ha, dependiendo de la zona, la variedad y la pluviometría del año de cultivo.

A partir de las necesidades netas de un cultivo, es posible determinar las necesidades brutas de riego, al considerar la eficiencia del sistema de riego ( $NB = NN / \text{Eficiencia de riego}$ ). Por ejemplo, considerando una necesidad neta de 2.000 m<sup>3</sup>/ha, si se riega por goteo (eficiencia del 90%) se requerirán 2.222 m<sup>3</sup>/ha de agua de riego. En la misma zona de cultivo y variedad, regando por surcos (eficiencia del 45%) se requerirán 4.444 m<sup>3</sup>/ha.

Está demostrado que la tecnificación del riego mejora la eficiencia del uso del agua en forma considerable. Tradicionalmente, la lechuga se ha regado por surcos, con una eficiencia de riego estimada en 45%. Sin embargo, evaluaciones de campo indican que este nivel de eficiencia difícilmente se alcanza en riego por surcos y que en la práctica este valor fluctúa entre 25% y 35% (Antúnez *et al.*, 2015).

## Tecnificación del riego en el cultivo de la lechuga

Para mejorar la eficiencia de riego en surcos, el principal cuidado será el control del tiempo de aplicación de agua de riego, asegurando que el agua llegue a la profundidad de raíces de las lechugas (no superior a 30 centímetros) a lo largo de todo el surco de riego. En la práctica, un riego por surcos eficiente debe diseñarse antes de la siembra o transplante, de manera de ajustarse al largo de surcos recomendado, lo que depende de la velocidad de infiltración de agua en el suelo, lo que se relaciona directamente con la textura de suelo.

En general, en lechugas se recomienda el uso de surcos, camellones o mesas cortos (30 a 40 metros) en suelos arenosos y relativamente largos (60 a 80 metros) en suelos arcillosos. En este cultivo es importante no sobre saturar las mesas o surcos de riego ya que el exceso de agua favorecerá el desarrollo de pudriciones en el cuello de la planta. Cuando la salinidad sea un problema, el transplante de la lechuga en el medio del camellón (evitando la parte más alta), permitirá que las sales afecten en menor grado al cultivo. También se ha probado que el riego de surcos alternadamente, favorece el desplazamiento de sales evitando afectar al cultivo.

En Chile, uno de los principales problemas detectados en riego por surcos es la falta de acondicionamiento mínimo del terreno para el riego superficial, que incluya el emparejamiento o nivelación del terreno. En general, movimientos de tierra de hasta 300 m<sup>3</sup>/ha son considerados viables económicamente, con el objetivo de dejar el suelo con una pendiente uniforme que facilite la conducción de agua por las regueras y el escurrimiento del agua a lo largo del surco de riego. Una tecnificación del riego más avanzada, en riego superficial, es el reemplazo de acequias de cabecera por un sistema de mangas plásticas o tuberías a baja presión.

En las últimas décadas, el cultivo de lechugas incluye el riego por goteo, con eficiencias potenciales del orden de 90%. Esta tecnología permite al agricultor prácticamente doblar la superficie que cultivaba antes por regar por surcos. Además, mediante el riego localizado, el productor puede controlar de forma eficiente la cantidad de agua aplicada, pudiendo implementar sistemas de inyección de fertilizantes e incluso pesticidas disueltos en la línea de riego. La incidencia de malezas y el control de plagas y enfermedades se ve favorecido al poder controlar el agua aplicada o dirigirla hacia la zona de raíces, todo esto influyendo positivamente en la calidad del producto a cosechar.



Se pueden implementar diferentes diseños de plantación, asociados al riego por goteo o cintas. Por ejemplo, una línea de goteo puede instalarse entre dos hileras de plantas o bien tres líneas de goteo pueden instalarse entre seis hileras de plantas, con múltiples combinaciones intermedias. Se recomienda cuidar las líneas de goteo durante la cosecha, para su reúso en el siguiente cultivo. Asimismo el espesor de la cinta determinará la duración de este elemento siendo las más delgadas (3 mil) de menor costo pero de menor duración. En países desarrollados, se ha probado que cintas de 12 mil de espesor pueden ser útiles para 8 a 12 ciclos de lechuga (3 a 4 años aproximadamente).

## **Monitoreo y control del riego**

La programación del riego generalmente se basa en la medición directa o en cálculos de balance de agua en el suelo. En estos últimos, se efectúa un balance en el que el cambio en contenido de agua en el suelo en un determinado tiempo, está dado por la diferencia de entradas de agua al sistema (riego más precipitación) y las pérdidas (escorrentía superficial más drenaje más evapotranspiración). Existe una amplia disponibilidad de instrumentos y equipos que permiten controlar el contenido de agua en el suelo: tensiómetros, bloques de yeso y otros basados en capacitancia. Es conveniente recordar que el suelo es heterogéneo y se requerirá de un buen número de sensores para representar en forma adecuada el contenido de agua en el suelo.

Se debe comprobar que el agua, en la labor del riego ha sido capaz de infiltrar adecuadamente en el perfil de suelo, en toda la extensión del surco y a la profundidad en que crecen las raíces. Se pueden plantear diferentes técnicas de monitoreo, siendo la más elemental la exploración del suelo mediante calicatas o barreno, verificando por medio del tacto el grado de humedad del suelo. También se puede emplear el tensiómetro que es un instrumento que mide la fuerza con que está siendo retenida el agua en la matriz del suelo. Este instrumento, cuando marca entre 0 y 5 centibares (cb), indica que el suelo está recién regado y se encuentra cercano a saturación. El suelo requiere riego en el cultivo de la lechuga, si su lectura está entre 10 y 15 cb en riego por goteo o cuando marca entre 25 y 30 cb en riego por surcos.

Técnicas de monitoreo más sofisticadas se basan en la capacitancia del suelo, tales como sondas FDR (Frequency Domain Reflectometry) y TDR (Time Domain Reflectometry). La sonda capacitiva está compuesta de una barra sobre la cual está impreso un circuito eléctrico que conecta sensores. Estos se pueden montar

cada 10 centímetros hasta una profundidad de unos 30 cm en el caso de lechugas. Una estación de monitoreo puede constar de una dos o tres sondas, que registran el contenido de agua en el suelo a diferentes profundidades de suelo.

Cabe destacar que todos los sensores de agua en el suelo deben instalarse en la zona del bulbo húmedo, cercano al lateral o cinta de riego.

## Efecto del riego sobre la calidad comercial de lechugas tipo Iceberg

Para estudiar el efecto del riego sobre la calidad comercial de lechugas tipo Iceberg *Lactuca sativa* var. *crispa*, se efectuaron ensayos en dos temporadas. Ambos ensayos se establecieron en mesas de 1 m de ancho, con cuatro filas de lechugas espaciadas a 30 cm entre plantas, con dos líneas de riego con goteros correspondiente a los distintos tratamientos.

El suelo donde se realizaron los ensayos era de textura franco arcilloso con escasa pedregosidad y para la programación del riego se utilizó el coeficiente de cultivo reportados en FAO 56 (Allen *et al.*, 1998).

En las líneas de cada mesa bajo tratamiento, se instalaron goteros autocompensados antidrenantes marca Netafim, insertados en líneas de polietileno de 16 mm, espaciados a 20 cm entre sí, definiéndose cuatro tratamientos de riego:

- T1: Reposición del 40% de la ETC (1,2 L/h)
- T2: Reposición del 67% de la ETC (2L/h)
- T3: Reposición del 100% de la ETC (3L/h)
- T4: Reposición del 130% de la ETC (4L/h)

Las principales conclusiones derivadas de este ensayo se exponen a continuación.

En la **Tabla 15**, se presenta el peso limpio promedio de las lechugas obtenidos por los distintos tratamientos de riego.

En la primera temporada de cultivo (2016/2017), la cantidad de agua aplicada, afectó significativamente el peso de las lechugas bajo el tratamiento T1, resultando con menor peso que T2, T3 y T4, donde no se encontraron diferencias significativas entre estos tratamientos. Estos resultados, son similares a los publicados por Acharya *et al.*, (2013) donde el menor peso de lechugas, se obtuvo

**Tabla 15.** Peso limpio de lechugas Iceberg bajo distintos tratamientos de riego, en dos temporadas de evaluaciones. INIA La Platina.

Tratamiento	Peso Limpio (g)	
	2016/2017	2018
T1 (40%)	332,2 a $\pm$ 22,7	435,6 a $\pm$ 21,4
T2 (67%)	764,2 b $\pm$ 22,8	440,5 a $\pm$ 21,5
T3 (100%)	688,7 b $\pm$ 24,5	432,8 a $\pm$ 21,9
T4 (130%)	698,5 b $\pm$ 25,2	427,8 a $\pm$ 22,1

Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos, según prueba de Tuckey ( $p \leq 0,05$ ).

con déficit de riego. También Tarqui *et al.*, (2017) encontró que el peso fresco promedio de lechugas, no fue distinto entre los tratamientos de 75% y 100% de la ETO pero sí fue afectada con la aplicación 50%.

En la temporada 2018, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de riego ( $p = 0,9812$ ). Esto pudo deberse a las condiciones climáticas (lluvias) que afectó la respuesta del cultivo a los tratamientos de riego deficitario. El diámetro promedio de lechugas bajo distintos tratamientos de riego se presenta en el **Tabla 16**.

**Tabla 16.** Efecto de distintas cargas de agua en el diámetro promedio de lechugas tipo Iceberg bajo distintos tratamientos de riego. INIA La Platina.

Tratamiento	Diámetro (mm)	
	2016/2017	2018
T1 (40%)	64,5 a $\pm$ 1,62	134,8 a $\pm$ 2,4
T2 (67%)	89,4 b $\pm$ 1,63	131,4 a $\pm$ 2,5
T3 (100%)	89,4 b $\pm$ 1,75	137,2 a $\pm$ 2,5
T4 (130%)	91,8 b $\pm$ 1,80	133,0 a $\pm$ 2,5

Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos, según prueba de Tuckey ( $p \leq 0,05$ ).

En la temporada 2016/2017 el diámetro promedio resultó menor que en la 2018 en todos los tratamientos evaluados. En la temporada 2016/2017, el diámetro de las lechugas bajo el tratamiento T1 fue significativamente inferior a los demás tratamientos. El tratamiento que promedió lechugas mayor de diámetro, fue T4 pero, sin diferencias significativas con T3 y T2. Estos resultados son

similares a los reportados por Bozkurt y Sayilicam (2011) y Kirnak *et al.*, (2016). En la temporada 2018 no resultó significativa la diferencias de diámetro entre tratamientos de riego (P=0,39).

El rendimiento comercial de lechugas bajo a distintas cargas de agua de ambas temporadas, se presenta en el **Tabla 17**.

**Tabla 17.** Rendimiento comercial medio de lechugas sometidas a distintas cantidades de agua en dos temporadas de evaluación. INIA La Platina.

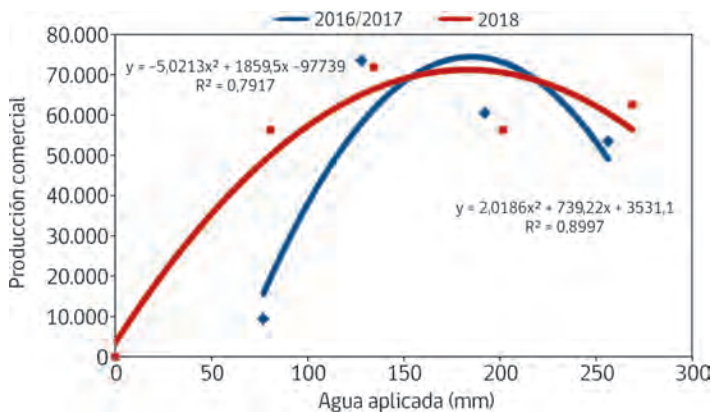
Tratamiento	Rendimiento comercial U/ha	
	2016/2017	2018
T1 47%	9.415	56.220
T2 67%	73.513	71.875
T3 100%	60.459	56.250
T4 130%	53.457	62.500

El rendimiento comercial de lechugas bajo los tratamientos T2 y T3, fue mayor en la temporada 2016/2017, que en la temporada 2018. Debido, posiblemente, a las condiciones ambientales de cada temporada.

En ambas temporadas, el tratamiento T2 resulta con mayor producción comercial con 73.513 unidades/ha en la temporada 2016/2017 y 71.875 unidades/ha en la temporada 2018. Similares resultados encontraron Bozkurt y Sayilicam (2011) quienes señalaron que en lechugas al aire libre, el mayor rendimiento comercial se alcanzó con el tratamiento de 75% de la ETC y disminuye al aumentar la cantidad de agua aplicada.

La función de producción de las evaluaciones realizadas en la temporada 2016/2017 y 2018, se presentan en la **Figura 7**.

En la temporada 2016/2017, el máximo rendimiento se alcanzó reponiendo aproximadamente 185 mm de agua, mientras que en la temporada 2018, el máximo rendimiento comercial se alcanzó aplicando 183 mm por temporada. Alturas de agua superiores e inferiores generaron disminución del rendimiento comercial (**Figuras 8 y 9**). Estos valores están en el rango de las alturas reportadas por Sammis *et al* (1988), que determinaron que la aplicación de 205 mm de agua alcanzó el mayor rendimiento del cultivo.



**Figura 7.** Relación entre la producción de lechugas comercial y la cantidad de agua aplicada de ambas temporadas. INIA La Platina.



**Figura 8.** Lechugas tipo Iceberg afectadas por déficit de riego. Se observan numerosas unidades que llegan deformes o bajo peso a cosecha.



**Figura 9.** Lechugas tipo Iceberg afectadas por exceso de riego. Se observan numerosas unidades con pudriciones fungosas o con ablandamiento del corazón en cosecha.

En resumen, de acuerdo a los ensayos de riego efectuados en la Región Metropolitana, la producción de lechugas se afecta con el déficit y exceso de agua, obteniéndose los mejores resultados con aplicaciones de agua sobre el 70% de la ETC. En general, un riego deficiente durante el periodo de crecimiento del cultivo, genera bajo rendimiento comercial al producir lechugas bajo peso (baja categoría), lo que afecta directamente con el precio final de venta en el mercado. La calidad también se afecta, ya que se engrosa la hoja, perdiendo sabor y suavidad. Si bien, aplicaciones elevadas de agua aumentan el peso fresco de las lechugas, el rendimiento comercial se ve afectado por mayor incidencia de enfermedades causadas por hongos y prevalencia de corazón blando.

## Períodos fenológicos críticos del riego

Como se revisó anteriormente, el cultivo de la lechuga es muy sensible tanto al exceso como al déficit de riego. Sin embargo, pueden definirse algunos períodos críticos, en que la falta de agua determinará fuertes pérdidas en el rendimiento comercial del cultivo.

- **Preplantación:** En general, se hace riego de pre transplante de 5 a 10 cm de agua, dependiendo de las condiciones de humedad del suelo, preparando el suelo para el transplante. Un grupo creciente de productores entierra la cinta de riego entre 5 a 10 cm de profundidad previo al trasplante. Luego de la cosecha, la cinta se extrae del suelo y, en países desarrollados se reutiliza para otro ciclo de cultivo.

Esta práctica se ha popularizado porque reduce la mano de obra para "ordenar" las cintas que se mueven con el viento, aunque también tendría beneficios reduciendo la evaporación directa desde el suelo.

- **Postrasplante:** Debe mantenerse el suelo cercano a capacidad de campo (10 a 15 cb de tensión), en los primeros 20 cm de profundidad de suelo. Para ello, se recomienda regar frecuentemente en riego localizado y cada 4 ó 5 días en riego por surcos, dependiendo de la demanda atmosférica.
- **Desarrollo del cultivo:** Normalmente, el riego se va haciendo más frecuente o con mayor duración, a medida que la lechuga se desarrolla, previniendo el estrés hídrico. La mayor parte de las raíces del cultivo estarán en los primeros 30 cm de suelo. Las raíces profundas (30 a 40 cm) podrían llegar a ser activas cuando el cultivo de lechuga se acerca a la madurez en suelos profundos.

Idealmente el riego debe mantener la tensión del suelo en rangos inferior a 15 cb en los primeros 20 cm, sin permitir que el suelo se seque demasiado.

- **Precosecha:** El requerimiento de agua del cultivo de lechugas, normalmente es máximo durante las 2 semanas previo a cosecha. A medida que esta demanda se incrementa, es necesario aumentar el tiempo de riego o la frecuencia de los eventos de riego. Se requiere cosecha una lechuga turgente y en buen estado hídrico, por lo que no puede descuidarse el riego en esta etapa.

En riego por goteo, el riego deficitario puede restringir el bulbo mojado desde donde las raíces extraen el agua y los nutrientes. Es necesario destacar que el exceso de agua y fertilización en variedades tipo "escarolas" puede causar defectos como corazón blando, reduciendo el valor comercial del cultivo. Ciertas prácticas como suspender el riego antes de cosecha pueden causar que se partan y quemen por acción directa del sol en hojas nuevas.