

MANUAL PRÁCTICO DE RIEGO TOMATE de INDUSTRIA



GOBIERNO DE EXTREMADURA

MANUAL PRÁCTICO DE RIEGO TOMATE de INDUSTRIA

Autores: Carlos Campillo Torres, José Ángel González García, Rafael Fortes Gallego, Sandra Millán Árias, Valme González García, Ángel Chávez Ceferino, Carlota Daza Delgado y María del Henar Prieto Losada.

Edita: Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura. CICYTEX.
Instituto de Investigación Agraria Finca "La Orden-Valdesequera"
Departamento de Hortofruticultura. Grupo de riego y nutrición.
Autovía A-5, km 372
06187 Guadajira (Badajoz)
Tel.: 924 014 000
<http://cicytex.gobex.es>
email: cicytex@gobex.es

Dep. Legal: BA-160/2015

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	7
2.- CICLO DE CULTIVO DE TOMATE DE INDUSTRIA EN EXTREMADURA	8
3.- NECESIDADES HÍDRICAS.....	10
4.- ESTRATEGIAS DE RIEGO	12
5.- PROGRAMACIÓN DE RIEGO. CASO PRACTICO	12
6.- INDICADORES DE ESTADO HÍDRICO/VALORES UMBRAL	16
7.- CONCLUSIONES	17

El objetivo de este manual es poner a disposición de los cultivadores de tomate la información necesaria para determinar las necesidades hídricas del cultivo en sus propias parcelas y adoptar la programación de riego adecuada para obtener los máximos beneficios del riego en función de los objetivos y condiciones de su explotación, así como proporcionarle procedimientos para verificar, en cualquier momento del ciclo de cultivo, si las plantas se encuentra en las condiciones adecuadas de disponibilidad de agua.

1.- INTRODUCCIÓN

El tomate de industria es uno de los cultivos más importantes en los regadíos extremeños, ocupa un puesto relevante en la producción total agrícola regional con 1,8 millones de toneladas. La superficie total de cultivo ronda las 20.000 ha, con variaciones interanuales, todas ellas de regadío, y con un rendimiento medio de 80.000 kg/ha. En Extremadura, el riego es imprescindible para el desarrollo del cultivo, es uno de los principales factores de producción, determinante no solo de la productividad, sino también de la calidad de la cosecha. Así, la modernización de los regadíos extremeños ha sido la principal causa de que la producción media en las Vegas del Guadiana, que en el año 1996 era de 50.000 kg/ha, haya alcanzado los actuales 80.000 kg/ha, al pasar de un riego mayoritario por gravedad a riego localizado por goteo e incluso, en los últimos años, goteo enterrado. Además se adapta bien a los diferentes tipos de suelo de los regadíos extremeños, desde los más arenosos de Vegas Altas a los más limosos de Vegas Bajas, con pH cercano a la neutralidad.

El objetivo del riego, junto con el resto de las prácticas culturales, es proporcionar a las plantas las condiciones óptimas para desarrollar su ciclo productivo con un buen desarrollo de la masa foliar, un alto cuajado de frutos y condiciones adecuadas para la maduración de los frutos, llegando de esta manera a una alta cosecha con frutos de calidad. Los frutos deben tener la suficiente consistencia como para soportar el proceso de recolección mecánica, su color una vez maduro es rojo intenso y uniforme (con valores para la relación a/b entre 2.2 y 2.5).

Como índices de calidad industrial se utiliza el contenido en sólidos solubles que debe estar entre 4.5 y 5.5 °Brix. Este valor puede variar en función de las condiciones climáticas durante la maduración y el volumen de agua aplicada en este periodo. El pH del zumo suele encontrarse entre 4.2 y 4.4.

La gran mayoría de la superficie de cultivo en Extremadura se hace mediante transplante de cepellón, aunque técnicamente la siembra directa es posible y con buenos resultados. También es posible utilizar cubiertas plásticas para adelantar la fecha de establecimiento y/o controlar las malas hierbas. Todos estos aspectos, así como el sistema de riego utilizado (gravedad, aspersión, goteo superficial o enterrado) pueden modificar el consumo de agua en la parcela y es interesante tenerlo en cuenta para programar el riego de forma eficiente.

Una programación de riego eficiente será la que ponga a disposición del cultivo el agua que necesita a lo largo de todo su ciclo, teniendo en cuenta que la planta solo utiliza el agua que está almacenada en el volumen de suelo ocupado por las raíces y aquí contribuye el agua de lluvia. Aplicaciones de agua mediante riego superiores a las necesidades del cultivo o distribuida de forma incorrecta, supondrán pérdidas de agua, bien por debajo de la zona de raíces o por escurrimiento por la superficie de la parcela. Este agua arrastrará nutrientes y suelo fértil, incrementando los costes de cultivo de forma injustificada y contribuyendo a la contaminación de acuíferos y cauces de agua.

2.- CICLO DEL CULTIVO DE TOMATE DE INDUSTRIA EN EXTREMADURA

El tomate requiere una temperatura mínima de 12°C para un correcto desarrollo, aunque soporta temperaturas más bajas durante breves periodos de tiempo. En Extremadura es un cultivo que se inicia en marzo-abril, prologándose hasta septiembre, si conjugamos diferentes fechas de siembra y ciclo de variedades para escalonar en lo posible la entrada del tomate en la industria. La temperatura es especialmente crítica durante la floración y cuajado, situándose la temperatura media óptima entre 12 y 25°C. Temperaturas más bajas o altas reducen el cuajado y, por tanto, la cosecha final. Las diferentes etapas en el ciclo de cultivo del tomate de industria están muy relacionadas con el desarrollo de la planta. Una buena forma de establecerlas es relacionar el porcentaje de suelo que cubre el cultivo con la fase de desarrollo, de esta forma siempre podremos adaptar las necesidades de riego al ciclo de la variedad que estemos utilizando. Más adelante veremos como calcular de forma sencilla el porcentaje de suelo que cubre el cultivo y adaptarlo a nuestra programación de riego. El periodo comprendido entre el transplante y la recolección se puede dividir en 4 fases, que aparecen representadas en la Figura 1 para una variedad de ciclo medio de 120 días entre transplante y recolección. La duración de cada una de ellas dependerá del ciclo de la variedad elegida y de las condiciones meteorológicas, principalmente temperatura: las bajas temperaturas tienden a alargar la duración de las fases, y las altas tienen el efecto contrario.

Fase de postransplante (FASE I).

Esta fase se inicia con el transplante. La duración de esta fase depende en cierta medida, de la recuperación de la planta al estrés del transplante y se considera que finaliza cuando el cordón de plantas alcanza un porcentaje de suelo cubierto de un 5%. En el momento de transplante es recomendable partir con el perfil de suelo lleno de agua, hasta la máxima profundidad que alcanzarán las raíces. Para esto normalmente no es necesario aplicar riegos abundantes, ya que las lluvias de otoño e invierno suelen recargar buena parte del mismo. En un año de

pluviometría normal se trataría de reemplazar el agua perdida al efectuar la labores de preparación del terreno, ya que la lluvia de otoño a primavera suele recargar el perfil. En años secos, cuando el tomate siga a un cultivo de invierno o se haya dejado proliferar las malas hierbas, habrá que aplicar riegos iniciales más abundantes pero nunca por encima de la capacidad de almacenamiento de agua en la zona hasta donde llegarán las raíces (en la fase de máximo desarrollo de la planta). Tras el transplante hay que aplicar un primer riego que facilite el contacto entre las raíces y el suelo y luego hacer riegos ligeros y frecuentes que mantengan la humedad en los primeros 10 cm, ya que en toda esta fase las plantas deben tener el agua fácilmente disponible, pero la profundidad de raíces es pequeña, luego riegos prolongados provocarán pérdidas de agua en profundidad.

Fase de crecimiento rápido (FASE II).

Durante esta fase, las plantas tienen un crecimiento muy rápido, el porcentaje de suelo cubierto pasa rápidamente de un 5% hasta alcanzar valores de 80-85%. Ésta es también una etapa de crecimiento muy activo de raíces, de forma que al final de la misma suelen alcanzar el máximo desarrollo en profundidad. En la mayor parte de los suelos de cultivo de las Vegas del Guadiana, el mayor volumen de raíces se sitúa en los primeros 40 cm de profundidad, siendo bastante habitual que la profundidad máxima sea de 45 cm, aunque en suelos adecuados la profundidad radicular puede ser bastante mayor.

Un segundo aspecto a tener en cuenta en el manejo del riego, es que en suelos limoso es habitual encontrar problemas de infiltración superficial, por lo que cuando los riegos son prolongados, el agua se acumula en superficie sin llegar a ponerse a disposición de la planta. En estas condiciones es recomendable fraccionar los riegos, reduciendo los volúmenes aplicados en cada uno de ellos. En esta fase tiene lugar la floración y cuajado, y es cuando se determina la máxima producción de tomate que se podrá alcanzar ese año, ya que va a depender del número de frutos cuajados y de la disponibilidad

de vegetación para el crecimiento y maduración de los frutos. El objetivo debe ser llegar a la floración con un buen desarrollo de planta ya que el número de flores está ligado entre otros factores, al tamaño de las plantas. Un déficit de agua en este periodo provocará abortos de flores y tendrá dos consecuencias negativas: menor número de frutos cuajados y se prolongarán la floración y cuajado provocando menor uniformidad en la maduración.

Un tercer efecto será la aparición de frutos con podredumbre apical. En todos los casos supone una pérdida clara de cosecha. Por lo tanto, es fundamental garantizar que el cultivo esté en óptimas condiciones hídricas, teniendo en cuenta que en esta fase, a diferencia de la anterior, las necesidades del cultivo se incrementan de forma muy rápida, al mismo ritmo que crece la cubierta vegetal y llegan a ser muy altas.

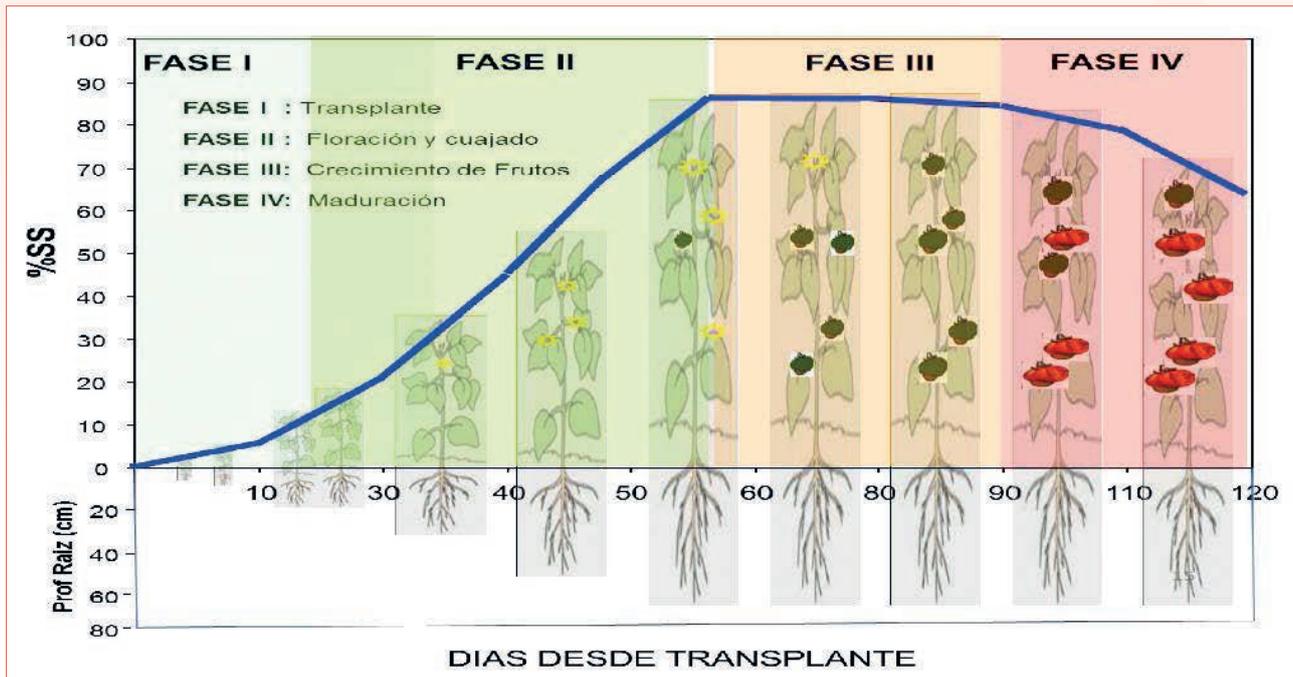


Figura 1. Identificación de las distintas fases del cultivo del tomate de industria en función del suelo cubierto (% SS) y desarrollo radicular.

Fase de crecimiento de frutos (FASE III)

Se inicia tras el cuajado, y dado que éste se produce de forma escalonada, tampoco hay un momento exacto de inicio ya que en una misma planta encontraremos frutos en diferente estado de desarrollo. Como podemos ver en la Figura 1 consideraremos el inicio cuando se estabiliza el crecimiento de la vegetación. En el crecimiento de los frutos podemos distinguir dos periodos, uno inicial, donde el fruto crece muy rápidamente y un segundo periodo, previo al virado, donde el fruto ralentiza su crecimiento y es cuando acumula gran parte de los azúcares y antioxidantes. En el primero sigue siendo importante disponer de agua para favorecer el "engorde" pero en el segundo las plantas empiezan a ser menos sensibles a un déficit hídrico ligero, que incluso puede favorecer la calidad de los frutos.

Fase de maduración (FASE IV).

Durante este periodo los frutos verdes comienzan a pasar a rojos. Es un periodo propicio para aplicar una estrategia de riego deficitario controlado. Estas estrategias consisten en aportar con el riego una cantidad de agua inferior a las necesidades calculadas para el cultivo, de forma que experimente una sequía leve. Con esta estrategia se consigue favorecer el crecimiento de los frutos frente a las partes verdes de la planta (tallos y hojas). De esta forma se evitan los rebrotes y los asimilados que producen las hojas se dirigen preferentemente a los frutos. En numerosos experimentos de campo se ha demostrado que con este procedimiento se puede incrementar la concentración de sólidos solubles en el fruto sin pérdida de cosecha o bien con un descenso leve que quedaría compensado por el incremento en Brix. Esta técnica

solo es recomendable en cultivos con un buen desarrollo de la vegetación y sana, ya que el déficit hídrico puede acelerar la senescencia de

las hojas, provocando una pérdida prematura de masa foliar en cultivos afectados por alguna plaga o enfermedad.

3.- NECESIDADES HÍDRICAS

Para decidir qué cantidad de agua hay que aplicar en cada uno de los riegos en una parcela de tomate, el primer paso es saber cuál es el consumo del cultivo a lo largo de todo su ciclo, valorar o medir la cantidad de agua almacenada en el suelo previo al transplante y cuantificar el aporte de la lluvia durante el ciclo. A la vista de esta información, el riego deberá cubrir la diferencia entre las necesidades del cultivo y lo que aporten suelo y lluvia.

El consumo de agua de un cultivo o necesidades hídricas del cultivo depende de dos aspectos fundamentales: de las condiciones meteorológicas y del estado de desarrollo del cultivo. Influyen además otras cuestiones concretas de la parcela como la presencia de cubiertas

vegetales o cubiertas plásticas y el sistema de riego. Las necesidades hídricas de cultivo se suele denominar Evapotranspiración de Cultivo utilizando las siglas ETc. La ETc es la suma del agua que pierden las plantas a través de las hojas, frutos y tallos (Transpiración) y la evaporada directamente desde la superficie de suelo humedecida (Evaporación). Para calcular la ETc se suele recurrir a un procedimiento propuesto por la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Consiste en calcular la ETc con una fórmula sencilla que multiplica la Evapotranspiración de un cultivo de referencia (ETo), que suele ser una pradera o un campo de alfalfa, válida para el cálculo de necesidades de cualquier cultivo, por un coeficiente específico para tomate de industria (Kc):

$$ETc = ETo \times Kc$$

Cálculo de Evapotranspiración

La ETo depende de las condiciones climatológicas y Kc del estado de desarrollo del cultivo y de las características del cultivo y la plantación, por lo que ambos términos van variando con el ciclo de cultivo, con valores más bajos en el transplante que se incrementan hasta el máximo desarrollo del cultivo, reduciéndose de nuevo en la última fase de maduración de frutos cuando las hojas van envejeciendo antes de la recolección.

Para facilitar estos cálculos se puede acceder al valor diario de ETo en la página web de la Red de Asesoramiento al Regante de Extremadura <http://aym.juntaex.es/servicios/redarex/> obtenida a partir de los datos climáticos de una serie de estaciones agrometeorológicas distribuidas por todas las zonas regables de la provincia de Cáceres y Badajoz, seleccionando la estación meteorológica más próxima a la localización de la parcela.

El coeficiente de cultivo correspondiente al tomate de industria es diferente en función de las condiciones de cultivo, es decir, hay un coeficiente válido para cultivo a suelo desnudo con riego superficial (Kc) y otro para condiciones de suelo con reducida o nula evaporación desde el suelo, como es el caso de superficies acolchadas o riegos enterrados y se denomina coeficiente de cultivo basal (Kcb).

En la tabla 1, se presentan los valores del coeficiente de cultivo (Kc) para riego superficial y el coeficiente de cultivo basal (Kcb) para el riego enterrado, en las distintas fases del cultivo de tomate de industria, relacionadas con el suelo sombreado por el cultivo. En dos de las fases se proporciona un rango de valores de Kc y Kcb (Fases II y IV), lo que significa que la fase se inicia con el primer valor, llegando de forma lineal, creciente (Fase II) o decreciente (Fase IV) hasta el segundo valor, que lo alcanzará al final de la fase.

Tabla 1. Valores de Kc y Kcb durante las diferentes fases del cultivo de tomate de industria.

Fase de Cultivo	Días ciclo	% Suelo Sombreado	Kc Riego Superficial	Kcb Riego Enterrado
Transplante (FASE I)	10	0-5%	0,40	0,20
Fase Vegetativa (FASE II)	50	5-80%	0,4-1,30	0,20-1,15
Fase Crecimiento de frutos (FASE III)	35	80%	1,30	1,15
Fase Maduración (FASE IV)	25	80-60%	1,30-0,6	1,15-0,6
Total CICLO	120			

Una forma alternativa y más recomendable es adoptar una Kc obtenida a partir del estado de desarrollo del cultivo, medido en campo como el porcentaje de suelo sombreado y aplicándola a la ecuación que se presenta en la Figura 2. En la imagen 1, se muestra un ejemplo de como realizar la medida del suelo cubierto, utilizando una cinta métrica. En el ejemplo la distancia

entre las líneas de cultivo serían de 150 cm de ancho (línea roja). En este caso hemos medido sobre el cultivo 110 cm (línea Verde), con lo cual tenemos un %SS de:

$$\%SS = \frac{\text{(anchura medida x 100)}}{\text{(Separación entre las líneas de cultivo)}}$$

$$\%SS = \frac{(110\text{cm} \times 100)}{150\text{cm}} = 73\%$$

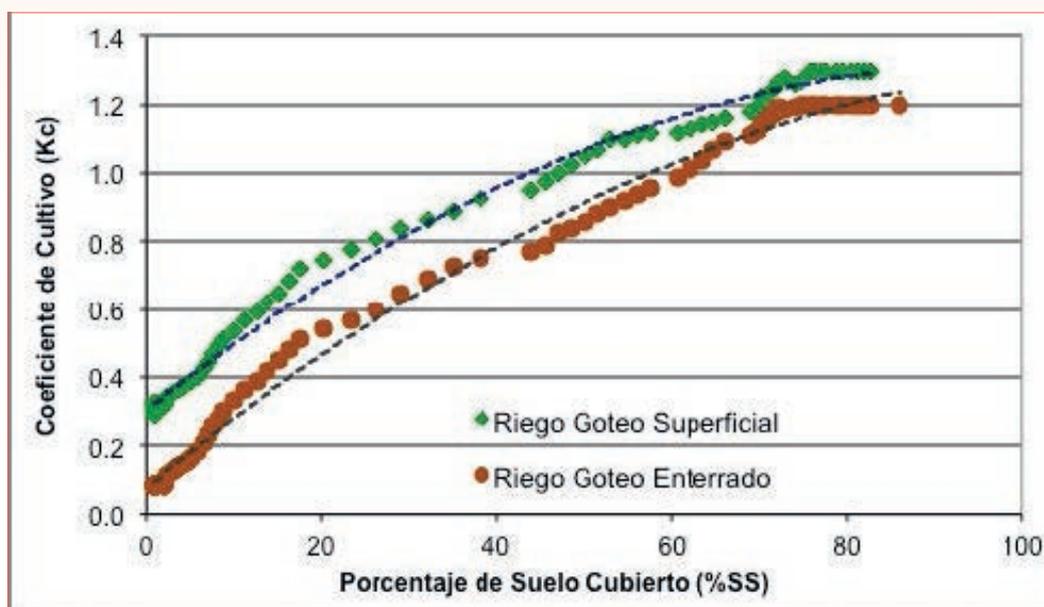


Figura 2. Relación entre el coeficiente de cultivo para riego por goteo superficial y el enterrado y el porcentaje de suelo sombreado (%SS). La recta exponencial, indica el ajuste para riego superficial ($y = -0,0001x^2 + 0,0202x + 0,3033$) y para el riego enterrado ($y = -0,0001x^2 + 0,0216x + 0,0754$).

Si seguimos con el ejemplo, el cálculo de los coeficientes a partir de la medida en campo sería el siguiente:

$$Kc \text{ (riego superficial)} = -0,0001 \times (73)^2 + 0,0202 \times (73) + 0,3033 = 1,24$$

$$Kcb \text{ (riego enterrado o acolchado)} = -0,0001 \times (73)^2 + 0,0216 \times (73) + 0,0754 = 1,12$$

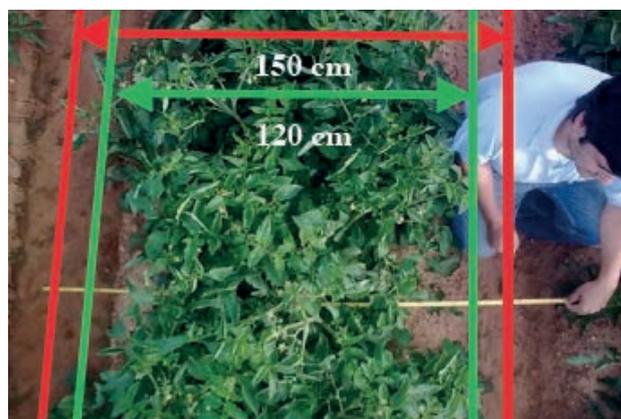


Imagen 1. Medida de la anchura de cultivo para el cálculo del porcentaje de suelo cubierto (%SS).

Con el fin de facilitar los cálculos a la hora de establecer los valores de los coeficientes de cultivo, en función del porcentaje de suelo cubierto, en la tabla 2 se muestran los valores de los coeficientes de cultivo para riego superficial y enterrado en función de los porcentajes del suelo sombreado.

La medida de suelo sombreado debe efectuarse en una zona que represente bien el estado de la parcela, evitando las zonas donde las plantas estén más o menos desarrolladas que en el resto. En caso de tener varias fechas de siembra o variedades, habría que efectuar las medidas en cada zona diferenciada y se obtendría un coeficiente para cada una de ellas.

Tabla 2. Kc y Kcb para tomate de industria en función de los diferentes porcentajes de suelo cubierto).

Fase de Cultivo	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%
Valor Kc Superficial	0,49	0,66	0,82	0,95	1,06	1,15	1,22	1,27
Valor Kcb enterrado y acolchado	0,28	0,46	0,63	0,78	0,90	1,01	1,09	1,16

4.- ESTRATEGIAS DE RIEGO

En tomate, al igual que en otros cultivos, la reducción del riego por debajo de las necesidades de cultivo (riego deficitario) provoca un descenso de la transpiración y si es excesivo, puede llegar a reducir las tasas de asimilación en hojas. Un déficit hídrico, incluso ligero, puede afectar al crecimiento de la planta, pero si se aplica cuando el crecimiento tiene menos importancia para la cosecha que otros procesos, como el llenado de los frutos, se convierte en una herramienta muy útil para dirigir la producción de asimilados de la planta hacia los órganos que más nos interesan, en este caso los tomates.

La clave para el éxito de esta técnica es inducir una sequía no severa en el estado fenológico adecuado, que como se ha visto anteriormente sería la segunda mitad de la Fase III y durante toda la fase IV; y que el cultivo tenga la vegetación sana y bien desarrollada de forma que el fruto quede protegido del exceso de iluminación.

A continuación se proponen dos estrategias de Riego Deficitario Controlado para tomate de industria. La Estrategia I se plantea como objetivo el incremento en °Brix con un ahorro considerable de agua de riego, aceptando como

contrapartida una pérdida ligera de cosecha. Se incrementarían los azúcares por hectarea, aunque puede que con menos kilos de fruto. En la Estrategia II se acepta un incremento en °Brix más moderado, así como de ahorro de agua, pero sin sacrificar producción.

Estrategia de riego I. Consiste en aplicar un 50% de las necesidades de riego calculadas para el cultivo a partir de la fase IV, cuando ya empezamos a tener frutos maduros (10% aproximadamente). Esta estrategia no debe ser aplicada en suelos ligeros (suelos arenosos), ya que se parte de las reservas que están disponibles para el cultivo en el suelo después del periodo de cuajado, en suelos arenosos estas reservas se consumirían rápidamente pudiéndose encontrar el cultivo en una situación de estrés rápidamente.

Estrategia de riego II. En este caso, al iniciarse la fase III se reduce la dosis de riego a un 75% de las necesidades calculadas y a un 25% a llegar a la mitad de la fase IV, es decir, cuando tenemos aproximadamente un 50% de frutos rojo), manteniéndola hasta la recolección. Es más adecuada que la estrategia I para suelos arenosos y cuando el desarrollo de la cubierta haya sido moderado.

5.- PROGRAMACIÓN DE RIEGO. CASO PRÁCTICO

En los ejemplos que se presentan a continuación, los cálculos de necesidades hídricas y de riego de una parcela de tomate, se aplicarán en periodos quincenales, partiendo del momento previo al transplante, hasta la recolección.

Dado que las labores pueden provocar la pérdida de buena parte del agua (aproximadamente el 50%) de los primeros 20 cms del suelo, para un año de pluviometría normal y sin cultivo previo, el agua aplicada con los riegos de pre y posttrasplante no debe superar la mitad de la cantidad que aparece en la Tabla 3 como "Máximo Almacenaje de Agua del Suelo", para el tipo de suelo que corresponda. Si el invierno y la primavera han sido secos, o ha habido un cultivo previo, se puede doblar esa cantidad inicial para rellenar los 20 cm de suelo inferiores. Tras estos riegos de establecimiento, se puede calcular las necesidades hídricas y regar cada vez que, según los cálculos, se haya gastado la cantidad que aparece en la Tabla 3 como "Máxima Agua Útil".

Tabla 3. "Máxima Capacidad de Almacenaje del Suelo" (20cm) y "Máxima Agua Útil" (10 cm) para los diferentes tipos del suelo más representativos de la zona de cultivo del tomate de las Vegas del Guadiana.

Tipo de Suelo	Máximo Almacenaje de agua del suelo	Máxima Agua útil
Arenosa	14 mm	1 mm
Arena-Franca	18 mm	2,5 mm
Franco-Arenoso	20 mm	3 mm
Franco	30 mm	4,5 mm
Franco-Arcilloso	40 mm	6 mm
Arcilloso	44 mm	6,5 mm

5.1 Programación de riego según necesidades totales del cultivo

Se trata de un cultivo de tomate de industria con riego por goteo superficial, con una distancia entre goteros de 30 cm y de 1 l/h de caudal por goteo. El ciclo de la variedad es de tipo medio (120 días), con una densidad de plantas de 33.333 plantas/ha, en una sola línea de cultivo (20 cm entre plantas y 150 cm entre líneas). El tipo es de

textura franca. El trasplante se realiza el 1 de mayo y la fecha prevista de recolección es el 28 de agosto. En la Tabla 4, se han calculado las necesidades hídricas durante el ciclo de cultivo ETc, y riego a aplicar para las condiciones de cultivo descritas partiendo de los datos climáticos medios correspondientes a los últimos 10 años, obtenidos de la estación agrometeorológica situada en la Finca La Orden en Guadajira (Badajoz).

Consideramos que ha sido una primavera de pluviometría normal. Como nuestro suelo es franco debemos aplicar la mitad del "Máximo Almacenaje de Agua en el Suelo" que aparece en la Tabla 3 para este tipo de suelo, es decir, 15 mm, que con nuestro sistema de riego supone 6 horas y 30 minutos de riego.

**Agua a aplicar en trasplante:
15 mm / 2.22 mm/h = 6 horas y 45 minutos**

Este tiempo de riego sería la suma de un riego previo al trasplante y un segundo riego justo después de realizarlo para favorecer el contacto entre el cepellón y el suelo.

A partir de este momento se inicia la programación de acuerdo a la Tabla 4 para los primeros 15 días las necesidades diarias, sin contar con las lluvias, sería de 1.98 mm diarios.

A partir de los datos de la Tabla 3 el "Máxima Agua Útil" para suelo franco en esta etapa sería 4,5 mm, lo que supone regar cada 2 o 3 días, dependiendo de la pluviometría. Las duración de cada riego sería:

Riego a aplicar: 4,5 mm / 2,22 mm/h = 2 horas

Máximo periodo entre riego: 4,5 mm / 1,98 mm/día = 2,27 días

Tabla 4. Programación de riego quincenal para un ciclo de cultivo del tomate según las necesidades hídricas.

	Mayo		Junio		Julio		Agosto	
	Primera	Segunda	Primera	Segunda	Primera	Segunda	Primera	Segunda
(1) ETo (mm)	74	87	89	99	105	108	93	89
(2) SS (%)	2	10	20	40	60	80	80	70
(3) Kc	0,40	0,49	0,66	0,95	1,15	1,27	1,05	0,70
(4) ETc (mm)	30	42	58	94	121	137	98	62
(5) Pe (mm)	10	0	8	0	0	0	6	0
(6) Nn (mm)	21	47	56	104	135	153	102	69
(7) Nndiarias (mm/día)	1,4	3,0	3,7	7,0	8,7	9,9	6,8	4,6
(8) Tiempo (Horas/día)	30 m	1 h 30 m	1 h 45 m	3 h	4 h	4 h 30 m	3 h	2 h

RESUMEN DE PARAMETROS:

1	ETo	Evapotranspiración de referencia, obtenerlo de REDAREX o utilizar valores tabla 4
2	%SS	Porcentaje de suelo cubierto por el cultivos tabla 2
3	Kc	Coefficiente de Cultivo, obtenerlos Tabla 1 corregidos con los %SS
4	ETc	Evapotranspiración de cultivo; a partir formula 1 $ETc=ETo \times Kc$
5	Pe	Pluviometría efectiva, obtenerlo de REDAREX o considerar $Pe = \text{lluvia recogida} \times 0.6$
6	Nn	Necesidades Netas, ETc / Ea (eficiencia riego, goteo 0.9) – Pe
7	Nndiarias	Necesidades netas acumuladas/días de la quincena
8	Tiempo	Tiempo de riego a partir de las Nn diarias, los litros de agua por árbol y el caudal de los goteros

Calculo de las necesidades hídricas del cultivo: En la Fila 1,2 y 3 se muestran los datos para el cálculo de las necesidades de riego, utilizando para ello el dato de ETo obtenido de la estación climática (fila 1) y el coeficiente de cultivo (fila 3), obtenido previamente a partir de la estimación de porcentaje de suelo cubierto por el cultivo, según la tabla 2 (fila2). En el caso de que no se realice una medida de %SS se puede estimar el Kc a partir de los días del ciclo como se muestra en la tabla 1. La fila 4 es el resultado de multiplicar la fila 1 y la fila 3 e indica las necesidades quincenales del cultivo.

Ejemplo 1º Quincena de Julio
 $105,5 \text{ mm} \times 1,15 = 121,3 \text{ mm}$

Necesidades de riego:

Las necesidades de riego se calcularán restando a las necesidades del cultivo, la pluviometría efectiva (fila 5) y dividiendo el resultado entre la eficiencia de nuestro sistema de riego, en tanto por uno, obteniendo las necesidades de riego netas para el periodo, Nn (fila 6).

Normalmente un riego por goteo tiene una eficiencia de riego entre un 0,85 (85%) y 0,95 (95%). En este caso para el ejemplo utilizaremos un 0,9 (90%).

Ejemplo 1º Quincena de Julio
 $121,3 \text{ mm} - 0 \text{ mm} = 121,3 / 0,9 = 134,8 \text{ mm}$

Una vez obtenidas las necesidades para la quincena de riego, para obtener el resultado del riego diario que debemos aplicar durante este periodo, dividimos las necesidades (fila 6) entre los días que tiene la quincena, 15 para los meses de Junio y Agosto y 15,5 para los meses de Mayo y Julio, con esto obtendremos las necesidades de riego diarias en mm por día (fila 7).

Ejemplo 1º Quincena de Julio
 $134 \text{ mm} / 15,5 \text{ días} / \text{quincena} = 8,70 \text{ mm/día}$

Si queremos transformar estas necesidades que están en mm/día a tiempo de riego (fila 8), debemos tener en cuenta el caudal del goteo en este caso 1l/h (en muchos casos esta información viene en la cinta de riego he indica los litros por hora en un metro lineal, con lo que tendremos que dividir entre el número de goteros que tenemos en un metro) y la superficie que riega (0,3m x 1,5m) con lo que riegan una superficie de 0,45 m².

Volviendo al ejemplo, la instalación proporciona 1/0,45 2,22mm/hora. Con lo cual para saber el tiempo de riego debido las necesidades entre el agua que da mi instalación, es decir debemos dividir el resultado obtenido en la fila7 entre los 2,22 mm/hora que proporciona mi instalación. Esto nos da un resultado en horas, la parte decimal del resultado corresponde a los minutos y debe ser convertida, para ello la multiplicamos por 60 y obtendremos los minutos.

Ejemplo 1º Quincena de Julio
 $8,70 \text{ mm/día} / 2,22 \text{ mm/hora} = 3,92 \text{ horas}$
 $0,92 \times 60 \text{ minutos} = 55 \text{ minutos}$
Tiempo de riego = 3 horas y 55 minutos

Para el total del ciclo de cultivo del tomate de industria y considerando la eficiencia del riego se ha consumido un total de 688mm (6880 m³/ha). En el caso de haber realizado los cálculos para un riego enterrado, se modificarían los coeficientes de cultivo según la correspondencia en la tabla 2, obteniéndose un total de 558mm (5580 m³/ha) para el riego enterrado, es decir un 20% menos de agua.

5.2 Programación de riego para estrategias deficitarias

A partir de los datos obtenidos en la tabla 4, podemos realizar los cálculos para las dos estrategias de riego deficitario que se comentaron anteriormente. Así en la tabla 4 se muestran, las necesidades diarias y el tiempo de riego de cada una de las estrategias de riego planteadas, frente a los cálculos realizados para las necesidades hídricas del cultivo.

Así en la estrategia I, se disminuirán las necesidades calculadas en un 50% en la Fase IV

que coincide con la última fase del cultivo, en nuestro ejemplo será el mes de agosto. En la estrategia II, se disminuirán las necesidades calculadas en un 25% en la última parte de la fase III, en este caso coincide con la última quincena de julio y en la primera parte de la fase IV, con la primera quincena de Agosto y se disminuirán las necesidades calculadas en un 75% en la última parte de la fase IV, que corresponde con la última quincena de Agosto

Tabla 5. Programación de riego para un ciclo de cultivo tomate según las necesidades hídricas y estrategia propuesta.

		Mayo		Junio		Julio		Agosto	
		Prim.	Segun.	Prim.	Segun.	Prim.	Segun.	Prim.	Segun.
Según necesidades	Nn (mm/día)	1,38	3,05	3,74	6,97	8,70	9,86	6,80	4,63
	Tiempo (Horas/día)	30m	1h 30m	1h 45m	3h	4h	4h 30m	3h	2h
	% respecto a Nn	100	100	100	100	100	100	100	100
Estrategia de riego I	Nn (mm/día)	1,38	3,05	3,74	6,97	8,70	9,86	3,40	2,31
	Tiempo (Horas/día)	30 m	1 h 30 m	2 h 30 m	3 h 45 m	4 h 15 m	4 h 30 m	1 h 30 m	1 h
	% respecto a Nn	100	100	100	100	100	100	50	50
Estrategia de riego II	Nn (mm/día)	1,38	3,05	3,74	6,97	8,70	7,39	5,10	1,16
	Tiempo (Horas/día)	30 m	1 h 30 m	2 h 30 m	3 h 45 m	4 h 15 m	3 h 15 m	2 h 15 m	30 m
	% respecto a Nn	100	100	100	100	100	75	75	25

El agua aplicada en el tratamiento según necesidades sería de 688 mm (6880 m³/ha), mientras que para la estrategia de riego deficitario I las necesidades fueron de 602 mm (6020 m³/ha) y para el riego deficitario II fueron de 572 mm (5720 m³/ha).

La aplicación de riego deficitario en los últimos 30 días del ciclo con riego deficitario al 50% (estrategia I), mostraron un ahorro de agua de 857 m³/ha, es decir, un 12 % de ahorro de agua y en la estrategia II, con un déficit ligero 30

días después del máximo suelo cubierto y un 25% en los últimos 15 días, tuvieron un ahorro de 1157 m³/ha, es decir, un 17 % de ahorro de agua.

Una práctica muy recomendable es llevar un registro de lo que se hace en cada parcela de riego, ya que la experiencia de un año puede ser muy útil para años posteriores. Al final de este manual se propone una hoja sencilla de anotaciones, para dejar constancia de las prácticas de riego.

6.- INDICADORES DE ESTADO HÍDRICO / VALORES UMBRAL

Cuando se adopta una programación de riego como las que se han expuesto en los ejemplos del apartado anterior, puede surgir la duda de si realmente se está manteniendo el cultivo en condiciones óptimas (ejemplo 1) o si los niveles de estrés que sufre el cultivo en las fases III y IV son correctos. Otro caso que se nos puede plantear es que algunas zonas de la parcela presenten mal aspecto, o no crezcan al mismo ritmo que el resto, y se tenga la sospecha de que hay un problema de riego. En estos casos es interesante disponer de algún procedimiento que nos permita saber como se encuentran las plantas desde el punto de vista del agua disponible.

En el caso de agricultores con experiencia, pueden llegar a apreciar incluso visualmente el estado del cultivo y si algunas zonas están teniendo problemas. De esta forma puede intervenir corrigiendo la programación. El problema es que es una valoración muy subjetiva, en la que el éxito va a depender de la pericia del observador. La medida del potencial hídrico de hoja es una medida muy recomendable, ya que es sencilla de realizar y nos da un valor numérico que podemos comparar con unos valores de referencia que de forma inmediata nos van a indicar en qué situación se encuentran las plantas.

La medida se puede realizar con una cámara de presión portátil (imagen 2) sobre una hoja madura, pero no vieja ni dañada, soleada. Las medidas se deben efectuar al mediodía solar (14:00 horas de horario normal) y los valores que se obtienen se comparan con los que aparecen en la tabla 5. En esta tabla se presentan los valores máximos de potencial hídrico de

hoja (bares) que deberían tener las plantas de tomate en cada fase de desarrollo, considerando los tres tipos de programaciones de riego propuestas.

Estos valores se refieren a la lectura numérica que se obtiene sobre el manómetro de la cámara de presión.

Si los valores obtenidos son inferiores o iguales a los que aparecen en la tabla en las fases I y II las condiciones serán las adecuadas, al igual que en las fases III y IV de la programación según necesidades. En el caso de las estrategias deficitarias I y II, desde la segunda mitad de la fase II y en toda la III hay que procurar que los valores medidos se aproximen a los de la tabla, de forma que si son inferiores habrá que reducir el riego, y si son mas altos incrementarlo



Imagen 2. Cámara de presión Pump-up (PMS Instrument Co)

Tabla 6. Valores máximos de potencial hídrico de hoja (bares) en valor absoluto establecidos para los periodos de crecimiento vegetativo (fase I y II), crecimiento de frutos (fase III) y maduración (Fase IV) para las estrategias planteadas (datos obtenidos en condiciones de campo por el grupo de riego y nutrición a través de los proyectos LOI1102006, e INIA RTA04-060-C6-03 y RTA2011- 00062)

	Vegetativa (Fase I y II)	Crecimiento Frutos (Fase III)	Maduración Frutos (Fase IV)
Según necesidades	4	6	7
Estrategia de riego I	4	8	10
Estrategia de riego II	4	7	10

7.- CONCLUSIONES

- Para obtener una buena producción el riego debe garantizarse que las plantas se encuentren en condiciones óptimas de disponibilidad de agua evitando situaciones de estrés, desde el transplante, hasta finalizar la etapa de floración-cuajado.
- En Extremadura esta disponible la información necesaria para calcular las necesidades hídricas del tomate de industria a lo largo de todo su ciclo, dentro de la propia campaña (programación a tiempo real), pero es recomendable ajustar los datos a las condiciones concretas de cada parcela.
- El seguimiento en campo de las fases del cultivo, las medidas en la parcela del estado de desarrollo de la planta, la profundidad máxima de raíces y la medida del potencial hídrico foliar, permiten realizar este ajuste y mejorar el uso de agua en la parcela.
- Las estrategias de riego deficitario en las últimas fases del cultivo (desde el virado de color del fruto) permiten un ahorro considerable de agua (entre un 10 y un 17%), con el consecuente ahorro energético y económico, con poca pérdida de producción, que puede llegar a ser nula en el caso de estrategias de riego deficitario controlado poco severas.

Tabla 7. Programación de riego para un ciclo de cultivo de tomate de industria según las necesidades hídricas, calculadas a partir de los datos estimados de la estrategia de riego I y datos a rellenar para ajustar las necesidades a las condiciones reales del cultivo en la campaña

Dias	ET _o (mm/día)	ET _o (mm/día)	%SS	%SS	Kc	Kc	Dosis Riego diaria (mm)	Dosis Riego diaria (mm)	Tiempo de Riego diarias (horas)	Potencial de hoja (bares)	Potencial de hoja (bares)
Semana 1	2,90		3,9		0,27		0,9			2	
Semana 2	4,4		7,8		0,33		1,6			6	
Semana 3	5,2		11,7		0,42		2,4			6	
Semana 4	6,4		15,6		0,48		3,4			6	
Semana 5	5,0		24,4		0,61		3,3			6	
Semana 6	5,4		25,6		0,62		3,7			6	
Semana 7	6,1		42,7		0,86		5,8			6	
Semana 8	5,6		59,5		1,01		6,3			6	
Semana 9	6,2		72,3		1,15		7,9			6	
Semana 10	5,2		79,7		1,25		7,3			8	
Semana 11	5,8		87,8		1,26		8,1			8	
Semana 12	6,0		87,8		1,25		8,3			8	
Semana 13	6,7		87,8		1,24		9,2			8	
Semana 14	6,2		80,0		1,18		8,2			8	
Semana 15	6,5		80,0		0,97		7,0			10	
Semana 16	6,3		75,0		0,76		5,2			10	
Semana 17	6,56		70,00		0,53		3,94			10	
TOTAL							648				



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa



Este manual ha sido elaborado por el Grupo de Riego y Nutrición. Departamento de Hortofruticultura. Instituto de Investigación Agraria Finca "La Orden-Valdesequera". CICYTEX, con el apoyo del Gobierno de Extremadura por la financiación del proyecto LOI1102006 y el INIA por la financiación de los proyectos RTA04-060-C6-03 y RTA2011-00062 todos ellos cofinanciados por fondos FEDER.)



GOBIERNO DE EXTREMADURA