

## **Conjunto Tecnológico para la Producción de Calabaza<sup>1</sup>**

### **RIEGO<sup>2</sup>**

*Dr. Elvin Román Paoli<sup>3</sup>*

#### ***Introducción***

Al sembrar, la humedad adecuada del suelo es indispensable para que la semilla germine o para que las plántulas trasplantadas se establezcan. Igualmente la humedad es necesaria para el crecimiento y desarrollo posterior de las plantas. En la mayoría de los casos se recomienda aplicar uno o dos riegos profundos previos a la siembra o al trasplante para saturar el perfil del suelo. Cerca de la etapa de cosecha se deben suspender los riegos para reducir el riego de pudrición de frutas. De ser necesario regar en esta etapa, hágalo al finalizar uno de los cosechos o pases.

La magnitud y frecuencia del riego a aplicarse dependerá mayormente de la cantidad de agua disponible en el suelo, de la eficiencia del sistema de riego y del requisito de evapotranspiración del cultivo (ETc). Los suelos livianos (arenosos) tienen una capacidad de retención de agua menor que los suelos pesados (arcillosos), por lo tanto, un suelo arenoso requiere riegos más frecuentes con menos cantidad de agua. Debido a la limitada capacidad de retención de agua del suelo arenoso, el agua de riego se pierde a través del perfil. Un suelo arcilloso retiene más agua en el perfil, por lo que podría requerir riegos menos frecuentes. En los suelos arcillosos frecuentemente puede haber problemas de saturación. En términos generales, los riegos frecuentes con poca agua tienden a promover un sistema superficial de raíces. Por otro lado, una planta recién germinada o trasplantada requiere riegos frecuentes con poca cantidad de agua debido a que el sistema radicular que está en desarrollo tiene un bajo ETc.

Por uso y costumbre los agricultores no han tenido límites en el uso de agua, por lo que muchas veces tienden a sobre regar. Este comportamiento ha estado cambiando en los últimos años debido a la sobreutilización de pozos artesianos (que en algunos lugares puede tener como consecuencia la intrusión de agua salina), la escasez de agua por los sistemas de canales del gobierno y los altos costos de energía. Todos estos factores hacen imperativo que se adopte la práctica de programar las aplicaciones de riego para solo aplicar las cantidades requeridas por los cultivos evitando excesos y costos innecesarios.

---

<sup>1</sup> Derechos Reservados. La Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico retiene todos los derechos sobre este documento. Se permite el uso o la reproducción parcial del mismo para usos educativos, siempre y cuando se dé crédito total a la EEA/UPR, citando la publicación, la fuente, la fecha de publicación y el autor del capítulo utilizado.

<sup>2</sup> Este documento es uno de los capítulos que componen el *Conjunto Tecnológico para la Producción de Calabaza* (Publicación 155), cuya primera versión fue publicada con fecha de Agosto 1998. Este capítulo fue debidamente revisado con fecha de 2012.

<sup>3</sup> Catedrático, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Estación Experimental Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico.

Se estima que la evapotranspiración de la mayor parte de los cultivos en etapas máximas de desarrollo y crecimiento es alrededor de 0.10 a 0.16 pulgadas (2.54 a 4.0 mm) de agua por cuerda por día. Este valor va a variar dependiendo de la época del año y de la zona geográfica en Puerto Rico.

En las subestaciones de Lajas y Juana Díaz se realizaron experimentos durante tres años utilizando la variedad de calabaza Soler sembrada en bancos con cubierta plástica y riego por goteo. En estos experimentos los requerimientos de riego máximos, estimados mediante el método del evaporímetro, variaron entre 1.12 y 1.2 pulg y entre 1.85 y 2.2 pulg para Lajas y Juana Díaz, respectivamente, entre los meses de marzo a junio. En Lajas, el agua total aplicada al sistema (lluvia + riego) varió entre 0.17 y 0.74 pulg/semana, mientras que en Juana Díaz varió entre 0.48 y 0.96 pulg/semana en el tratamiento donde se aplicó más agua de riego.

En general, los requerimientos máximos de riego en ambas localidades estuvieron entre 0.50 y 0.66 pulg/ semana. Durante el periodo de tres años el rendimiento comercial promedio registrado para la variedad Soler en ambas localidades fue de 207 qq/cuerda, con una variación entre 93 y 405 qq/cuerda.

La cantidad de agua que deberá aplicarse dependerá de la eficiencia del sistema de riego que se utilice y de los factores antes mencionados. La cantidad de agua a aplicar se debe determinar individualmente para cada caso, ya que hay muchos factores que hacen que las mismas varíen de un lugar a otro. En la medida en que sea posible se debe mantener una humedad óptima en el suelo que supla el agua requerida por la planta de acuerdo a la etapa de crecimiento y desarrollo en que esta se encuentre.

## ***Tipos de sistemas de riego***

### ***Riego por inundación o gravedad***

En Puerto Rico existen fincas en donde se podría utilizar este sistema de riego, pero debido a la política de conservación de los recursos suelo y agua del CCA y del NRCS, y a la baja eficiencia del sistema, no se recomienda el uso del mismo para el cultivo de calabaza.

### ***Riego aéreo***

La eficiencia de este sistema se estima en un 70%. El riego aéreo es adecuado para diversas condiciones de topografía. Es necesario verificar periódicamente la calibración de los pisteros para asegurar uniformidad en el riego. Un buen momento para regar es temprano en la tarde porque permite que el agua en las hojas se seque e interfiere menos con la actividad de las abejas en el campo. El viento puede crear problemas en cuanto a la distribución uniforme del riego. Este efecto del viento es una de las razones por las que a veces conviene sembrar rompevientos temporeros cerca de los predios y rompevientos permanentes a la orilla de caminos y cercas.

### ***Riego por goteo***

Se estima que este sistema de riego tiene una eficiencia de alrededor de un 90%. En la mayoría de las siembras de calabaza establecidas en los llanos costeros de Puerto Rico se utiliza el sistema de riego por goteo o microriego. Este sistema también permite regar en declives no

apropiados para otros sistemas de riego. Sin embargo, como en este sistema la aplicación de agua es localizada, nunca se mojará el área total. El porcentaje del área que se mojará dependerá en gran medida de la distancia de siembra que utilizemos entre las hileras. La cantidad de agua a aplicar dependerá de muchos de los factores previamente mencionados, incluyendo la población de plantas en la hilera. Existe la falsa impresión de que con sistemas de riego por goteo, que son de bajo volumen y baja presión, no se llega a la saturación del suelo. Por lo que en muchas ocasiones se sobre riega creando problemas de saturación, lo que trae como consecuencia pudriciones de raíces y de frutas, además de la pérdida de nutrimentos del suelo por lixiviación.

En el sistema de riego por goteo más usado actualmente el agua se mueve a baja presión. El agua llega a través del sistema hasta la línea lateral, que consiste en una manga plástica flexible de cerca de una pulgada de diámetro colocada junto a la hilera de plantas. El agua sale de esta manga por emisores espaciados a lo largo de esta en forma uniforme. En el cultivo de calabaza se recomienda utilizar laterales con emisores espaciados a 12 pulg. Para una mayor eficiencia en la operación del sistema, es necesaria la regulación de la presión del sistema siguiendo las recomendaciones del fabricante. También se requieren filtros para evitar que los emisores se tapen con partículas presentes en el agua de riego.

La vida útil de las líneas laterales es corta por lo que no se recomienda recoger las mangas al terminar de cosechar un predio para usarlas en otro predio. Como alternativa se recomienda la práctica de algunos agricultores de sembrar la calabaza en predios donde terminaron de cosechar un cultivo que no pertenece a la misma familia botánica (Cucurbitaceae). Mediante esta práctica se utilizan las mismas líneas para dos siembras y se reducen los costos de algunas de las prácticas previas a la siembra. Al usar riego por goteo algunos agricultores utilizan cubierta plástica sobre los bancos. Entre las ventajas que brinda la cubierta plástica tenemos el control de las malezas y la reducción de la evaporación de agua. Cuando utilizamos cubierta plástica sobre el banco, en la mayoría de los casos no debemos tomar en cuenta la lluvia al estimar la cantidad de agua a aplicar. Si la cantidad de lluvia no es muy grande, la cubierta plástica evita casi totalmente la entrada de agua a la zona donde se concentran las raíces en el suelo. Una consideración importante que hay que tener al reusar bancos es que en algunas ocasiones cuando se ha sobregado o cuando han ocurrido eventos grandes de lluvia en suelos pesados se pueden acumular sales en la superficie del suelo por acción de la evaporación del agua. Estas sales disueltas forman una cubierta blancuzca que dificulta la germinación o el establecimiento de las plántulas en el trasplante. En un caso como este hay que sobre regar antes de la siembra para que las sales se muevan a una mayor profundidad.

Al finalizar de utilizar un predio con cubierta plástica, y antes de volver a preparar el terreno, debemos de eliminar los residuos de dicha cubierta. Estos residuos contaminan el suelo, además, pueden interferir con el sistema radicular del próximo cultivo.

### ***Calendarización o programación del riego***

Independientemente del sistema de riego que se utilice, sea riego por goteo o aéreo, se debe adoptar un método para programar o calendarizar las aplicaciones de riego. Hay que establecer un plan, diario o semanal, para regar las plantas en el momento correcto, por el tiempo correcto, y con la cantidad correcta de agua para obtener un crecimiento y productividad

óptimos. Para establecer el plan debemos: 1) determinar cuándo regar y cuánta agua se debe aplicar; 2) determinar la descarga de agua por el sistema; y 3) determinar durante cuánto tiempo necesitamos dejar funcionando el sistema (multiplicando el resultado de la premisa 1 con el de la premisa 2).

### ***Determinación de cuándo regar y cuánta agua se debe aplicar***

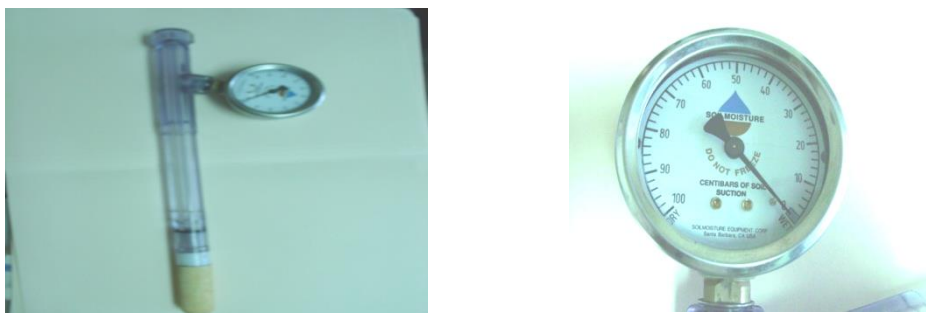
La calendarización o preparación de un programa de riego se puede hacer de dos maneras, monitoreando el contenido del agua en el suelo o monitoreando la planta. A continuación se discuten ambos métodos.

### **Calendarización o programa de riego basado en el monitoreo del contenido de agua en el suelo**

Para establecer un programa de riego adecuado, tenemos que determinar directa o indirectamente el contenido de agua o humedad en el suelo. En el mercado hay instrumentos (tensiómetros, bloques de yeso o Bouyucos, entre otros) que determinan indirectamente el contenido de humedad del suelo mientras hay otros instrumentos y métodos que lo miden directamente.

#### ***Tensiómetros***

El tensiómetro es un instrumento sencillo que básicamente consiste en un tubo de PVC lleno de agua con una punta porosa de cerámica y un manómetro (medidor de tensión) en el extremo del tubo que se encuentra sobre el suelo (Foto 1). Este instrumento mide la tensión (presión negativa) del agua en el suelo, en otras palabras, la fuerza con que el suelo retiene o succiona el agua. A medida que disminuye el contenido de agua en el suelo por evapotranspiración, aumenta la tensión del agua en el suelo, la cual es registrada por el tensiómetro. El instrumento debe colocarse cerca del sistema radicular de la planta para lograr mayor eficiencia. Para cada caso en particular, hay que determinar cuál es el sistema de riego más apropiado y la cantidad de agua requerida. La selección dependerá de varios factores, tales como la topografía, la fuente de agua, el área a regar, las prácticas de manejo y los recursos económicos del agricultor. Las plantas toleran cierto grado de tensión en el suelo, pero para obtener un crecimiento y productividad óptima estos periodos de alta tensión deben reducirse o evitarse. Este instrumento registra la tensión del agua en el suelo utilizando las unidades conocidas como centibares (cbars); o en kilopascales (KPa) (sistema métrico), las cuales son equivalentes (ej., 10 cbars = 10 KPa).



*Foto 1. Imagen de tensiómetro con manómetro convencional*

En términos generales, en un suelo saturado (inmediatamente después de un evento grande de lluvia o riego intenso) las lecturas del tensiómetro deben ser entre 0 y 10 cbars. En un suelo a capacidad de campo (la cual se define como la cantidad máxima de agua que un suelo puede retener) el valor debe estar entre 10 y 15 cbars, dependiendo de la textura del suelo. Cuando el suelo está a capacidad de campo no se riega. En la mayoría de los casos un suelo está a capacidad de campo entre 2 y 3 días luego de un evento grande de riego. A medida que las plantas de calabaza utilizan el agua por evapotranspiración (ET) el suelo se va secando (el contenido de humedad se reduce), por lo tanto, la tensión registrada por el tensiómetro aumenta. Se estima que cuando el tensiómetro registra valores  $> 35$  cbars (35 KPa) se debe aplicar riego, ya que las plantas están sufriendo estrés moderado.

Las lecturas del tensiómetro deben permanecer menores de 80 cbars, ya que tensiones mayores rompen la columna de agua dentro del instrumento y este deja de funcionar, además de que es indicativo de que las plantas están en estrés severo. En ocasiones los tensiómetros se colocan en pares para obtener lecturas a dos profundidades (ej., 6 y 12 pulgadas). Se deben instalar al menos tres pares de tensiómetros por cuerda. Estos instrumentos son reusables y duraderos, siempre y cuando que estén protegidos de la acción de los implementos agrícolas por lo que deben instalarse en la hilera o banco. Hay varios suplidores de estos instrumentos; aunque también pueden ser de fabricación casera. Actualmente estos instrumentos cuestan alrededor de \$65.00 a \$70.00 dependiendo de la profundidad a la que hacen la lectura, y de si su lectura es digital o convencional. La punta porosa del instrumento debe estar completamente en contacto con el suelo todo el tiempo. Cuando ese contacto no es completo, puede entrar aire al instrumento y el mismo deja de funcionar. Además, para evitar que la columna de agua se rompa, el agua a utilizarse en el tensiómetro debe ser destilada o hervida para eliminar el aire disuelto que pueda haber en el mismo. Se recomienda que se aplique un tinte vegetal al agua para facilitar el monitoreo del nivel del agua dentro del tensiómetro. Consulte a un profesional del SEA, EEA y NRSC o a un consultor licenciado, en cuanto a la instalación correcta de este instrumento.

### ***Bloques de yeso y sensores matriciales***

Los bloques de yeso y los sensores matriciales miden la resistencia del suelo al paso de una corriente eléctrica. Entre más agua hay en el suelo menos resistencia se registra (Foto 2). El problema con los bloques de yeso es que son poco duraderos en el suelo, ya que se disuelven en el mismo, por lo que son de bajo costo (~\$10.00 c/u). Los sensores matriciales

son más duraderos, pero cuestan más (~\$25.00 c/u). Estos instrumentos se miden con un galvanómetro de mano que registra la resistencia en ohmios; algunos vienen previamente calibrados para convertir el valor de resistencia a cbars. Los valores para iniciar riego son iguales a los que se usan con el tensiómetro.



*Imagen obtenida de Shock et al. (2006)*

*Foto 2. Imagen de bloque de yeso (a) y sensor matricial (b) para medir la resistencia del suelo al paso de una corriente eléctrica y por consiguiente determinar indirectamente el contenido de agua.*

### **Otros sensores**

Hay instrumentos en el mercado que registran el contenido relativo de agua en el suelo (Foto 3). Uno de estos consiste de una barra de metal de alrededor de tres pies de largo con un sensor en la punta. Con este instrumento no podemos medir con exactitud el contenido de agua, pero nos da una idea de cuán húmedo está el suelo. El extremo del instrumento se coloca en un envase con agua y se calibra para que registre 100, y luego al aire libre (donde no hay agua) para que registre 0; cuando el instrumento se introduce en el suelo a la profundidad deseada este debe registrar un valor entre 0 y 100%. Mientras más cerca a 100, más humedad hay en el suelo. El fabricante de este tipo de instrumento recomienda los valores a los cuales se debe regar. En términos generales, se debe regar cuando las lecturas son menores a 70-80% dependiendo de la profundidad a la cual se tomó la lectura. Al igual que con el tensiómetro se recomienda tomar lecturas a 6 y 12 pulg de profundidad. Este instrumento es mucho más costoso (~\$300.00), pero es útil cuando se desean tomar varias lecturas en el predio. Para tomar la mejor decisión en cuanto a cuál instrumento usar, deben buscar asesoramiento.



*Foto 3. Imagen de instrumento para medir el contenido relativo de agua en el suelo.*

### *Método del tacto*

De no contar con estos instrumentos se puede utilizar el método del tacto. El mismo consiste en tomar una muestra de suelo de la zona cercana a las raíces, tocarla y apretarla con la mano y estimar la humedad en el suelo. Este método requiere mucha práctica y es muy subjetivo.

### *Métodos gravimétricos para estimar directamente el contenido de agua en el suelo*

Este método estima el contenido de agua en el suelo por cambio en el peso de muestras de suelo. Con este método se toman muestras de suelo en el predio, se pesan y luego se secan al horno a 110° C durante 24 horas y se vuelven a pesar. La diferencia en peso es el contenido real de agua en el suelo. Este método es tedioso y toma bastante tiempo, aun utilizando un horno de microondas para secar la muestra.

En el mercado existen varios instrumentos electrónicos previamente calibrados que miden el contenido actual de humedad en el suelo en forma volumétrica (volumen de agua/volumen de suelo). Estos instrumentos utilizan la técnica de resonancia electromagnética (Foto 4). Son bastante precisos y en términos generales funcionan muy bien. Estos instrumentos generalmente consisten de un sensor con tres alambres de metal que son insertados en el suelo e instantáneamente toman la lectura del contenido real de humedad en forma volumétrica o porcentaje (volumen de agua/volumen de suelo). En el predio se deben tomar varias lecturas al azar. El fabricante provee instrucciones de los valores con los que se debe regar dependiendo del tipo de suelo y de la etapa de desarrollo del cultivo. Una de las precauciones que se debe tener al usar este tipo de instrumento es evitar que se doblen o partan los alambres de metal, ya que esto ocasionaría que el instrumento se descalibre y deje de funcionar.



*Imagen tomada de Decagon Devices®*

*Foto 4. Imagen de sensores para medir humedad en el suelo que utilizan tecnología de resonancia electromagnética.*



### Calendarización o programa de riego basado en el monitoreo de la planta

El requisito de agua de un cultivo se puede estimar considerando la evapotranspiración de la planta. La evapotranspiración del cultivo (ETc) se define como la suma del agua evaporada del suelo y el agua transpirada por la planta. La ETc depende de muchos factores, tales como el tipo de suelo, edad de la planta y condiciones climatológicas que determinan la demanda de agua por la atmósfera. La ETc se puede calcular utilizando la ecuación 1:

$$ETc = ETo \times Kc \quad [1]$$

Donde: ETc = Evapotranspiración del cultivo  
 ETo = Evapotranspiración de referencia  
 Kc = Coeficiente del cultivo (valor que representa las etapas de desarrollo del cultivo)

Una planta en producción requiere más agua que una plántula recién trasplantada, independientemente del tipo de suelo y de las condiciones atmosféricas; considerando este hecho se incluyó el término Coeficiente del Cultivo (Kc) en la ecuación 1. Este es un valor que varía (0 a 1.2) según las características anatómicas, morfológicas, fisiológicas y la edad y la etapa de desarrollo de la planta. Este valor depende de la capacidad de la planta de extraer agua del suelo para satisfacer la demanda evaporativa de la atmósfera. Estos valores ya han sido estimados en experimentos de campo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estimados del coeficiente de cultivo (Kc) para un cultivo de calabaza que completa su ciclo de vida en cuatro etapas de desarrollo y 120 días.

Etapa	días	Kc <sup>1</sup>
Inicial	0-30	0.51
Crecimiento vegetativo	31-60	0.71
Floración y fructificación	61-90	0.93
Maduración y cosecha	91-120	0.82

<sup>1</sup>Tomado de Goyal (1989) p. 421.

Para determinar ETc también se utiliza la demanda evaporativa de la atmósfera o evapotranspiración de referencia (ETo). El agua del suelo es utilizada por la planta en la evapotranspiración para satisfacer esa demanda de la atmósfera (ETo), por esta razón ETc siempre es menor que ETo, para que el agua se pueda mover del suelo a la atmósfera a través de la planta.

Hay muchos métodos para estimar ETo. Para fines de este conjunto tecnológico se mencionan solamente dos de los métodos más conocidos actualmente: 1) El método Penman-Monteith, reconocido por la FAO como el método estándar; y 2) El método de Tanque de Evaporación o Evaporímetro. Aunque este último no es el recomendado a nivel internacional, en Puerto Rico ha sido utilizado ampliamente y se ha recomendado en otros conjuntos tecnológicos de la Estación Experimental Agrícola ya que su aplicación es más sencilla.

Ambos métodos le proveen al agricultor de un estimado confiable de ETc y, por lo tanto, una idea de cuánto riego aplicar.

### ***Método Penman-Monteith***

Este método consiste de ecuaciones que relacionan variables climáticas tales como: radiación solar, temperatura, viento, altura, presión de vapor, temperatura. (Debido a la complejidad de la ecuación, no se incluirá la misma en este conjunto.) Investigadores del CCA y de otros lugares ya han establecido páginas en el Internet para estimar ETo. Este es el método aceptado mundialmente para programar el riego. Se pueden utilizar datos climáticos reales o datos climáticos históricos (Cuadro 2). La limitación que tiene la implantación de este método en Puerto Rico utilizando datos actuales y no históricos, es la falta de algunos de los datos climatológicos para estimar ETo. Existen páginas cibernéticas que ayudan al usuario a calcular ETo si se proveen los datos requeridos (<http://academic.uprm.edu/abe/PRAGWATER>)

Cuadro 2. Estimados de la evapotranspiración de referencia (ETo) mensual (mm) para siete localidades basados en datos históricos<sup>1</sup>.

	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Adjuntas	93	100	128	132	136	138	146	139	124	112	92	84
Corozal	76	80	110	115	128	127	129	127	112	101	78	70
Fortuna	104	107	139	147	157	156	166	159	141	124	100	96
Gurabo	87	93	121	128	133	131	135	132	117	105	85	80
Isabela	94	100	132	141	146	141	145	144	129	118	95	88
Lajas	97	102	138	145	162	162	164	157	137	120	95	87
Río Piedras	93	98	130	138	145	143	146	142	127	116	93	86
Promedio	93	100	128	132	136	138	146	139	124	112	92	84

<sup>1</sup>Tomado de Harmsen et al. (2004) p. 120

### ***Método del Evaporímetro o Tanque de Evaporación Tipo A***

La evaporación se mide diariamente en estaciones meteorológicas ubicadas a través de toda la isla, especialmente en las Estaciones Experimentales del CCA (Foto 5). Existen muchos datos históricos de evaporación en estas localidades que pueden ser utilizados para ver las tendencias de evaporación. La evaporación diaria se determina midiendo el nivel del agua en el evaporímetro utilizando un metro de precisión, y luego restando esa medida de la lectura anterior, haciendo el ajuste si es que ha habido alguna lluvia.

Con la utilización del método del Evaporímetro se presume que el agua que se evapora del tanque de evaporación está directamente relacionada con la demanda evaporativa de la atmósfera. El ETo se puede determinar utilizando la lectura de evaporación registrada por el evaporímetro utilizando la ecuación 2.

$$ET_o = \text{Evap} \times K_p \quad [2]$$

Donde:  $ET_o$  = Evapotranspiración de referencia  
 $K_p$  = Coeficiente del tanque (valor que representa las condiciones climatológicas presentes donde está localizado el evaporímetro)

El Coeficiente del Tanque ( $K_p$ ) es un coeficiente que representa o agrupa las condiciones prevalecientes en el lugar donde está localizado el evaporímetro o tanque. Estos valores han sido determinados para varias localidades y meses del año en Puerto Rico (Cuadro 3).



Foto 5. Imagen del Tanque de Evaporación o Evaporímetro.

Cuadro 3. Estimados de los coeficientes del tanque ( $K_p$ ) basados en valores de evaporación registrados en siete subestaciones desde 1981 hasta 2000<sup>1</sup>.

	Ene.	Feb.	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Adjuntas	1.02	1.05	1.05	1.03	1.04	0.97	1.04	1.02	1.00	1.00	0.99	0.98
Corozal	0.84	0.80	0.85	0.85	0.94	0.86	0.85	0.87	0.92	0.88	0.87	0.81
Fortuna	0.68	0.67	0.72	0.74	0.81	0.78	0.78	0.76	0.80	0.77	0.72	0.69
Gurabo	0.74	0.77	0.78	0.77	0.80	0.74	0.77	0.77	0.80	0.79	0.77	0.76
Isabela	0.84	0.84	0.86	0.86	0.95	0.92	0.89	0.91	0.97	0.93	0.88	0.82
Lajas	1.08	1.10	1.15	1.14	1.17	1.22	1.25	1.16	1.02	1.10	1.08	1.07
Río Piedras	0.95	0.90	0.92	0.90	1.00	0.95	0.91	0.96	0.97	0.95	0.93	0.92

<sup>1</sup>Tomado de Harmsen et al. (2004) p. 121

Una vez hayamos estimado el volumen de agua que debemos aplicar utilizando los métodos descritos anteriormente debemos buscar una manera eficaz de medir el volumen de agua que se aplica. A continuación se describe cómo medir la cantidad de agua que se aplica en el riego.

## *Determinación de la descarga de agua por el sistema*

### **A base de volumen**

Existen equipos que registran la cantidad total de agua que aplicamos. Algunos registran el volumen de agua utilizando las unidades metros cúbicos de agua (los que se utilizan para registrar el consumo de agua en nuestras residencias). Estos contadores o metros son más fáciles de conseguir a través de suplidores locales, pero generalmente son más difíciles de leer. Un metro cúbico equivale a 265 galones de agua. Hay otros contadores más específicos para riego que registran el volumen en galones o litros. Estos son fabricados en diferentes diámetros y pueden ser adquiridos de suplidores especializados en equipo agrícola o de riego. Ambos tipos de contadores registran la cantidad exacta de agua aplicada (en forma acumulativa) y el agricultor puede cerrar manualmente o en forma automática una vez se haya regado la cantidad de agua requerida. Otro equipo que se puede utilizar es el de válvulas volumétricas (también se puede adquirir de suplidores especializados en equipo agrícola o de riego). Con este equipo el usuario puede ajustar la cantidad de agua que desea aplicar y la válvula cierra automáticamente una vez se haya regado esa cantidad. Una precaución que se debe tener cuando se utiliza este tipo de válvulas volumétricas es que cuando se utiliza bombeo accionado manualmente la válvula puede cerrar mientras la bomba continúa funcionando, lo que puede llevar a roturas del sistema de riego. Debe consultar con un ingeniero o especialista en diseño de riego para evitar ese posible problema.

### **A base de tiempo**

El agricultor o encargado de la finca también puede utilizar la información provista por el fabricante de la línea de riego. Todas las líneas de riego por goteo tienen unas especificaciones en cuanto a la cantidad o descarga de agua a una presión dada. La mayoría de los fabricantes expresan esa descarga en galones de agua por minuto por cada 100 pies lineales de manga o línea de riego. La descarga de la línea de riego varía con el fabricante, la presión del sistema (no debe ser más de 15 PSI) y la distancia entre los emisores de agua.

### **Ejemplos**

Una vez haya decidido regar utilizando cualquiera de los métodos descritos anteriormente, se tiene que estimar o calcular la cantidad de agua necesaria y en cuanto tiempo se va a aplicar.

*Supongamos que en el municipio de Guánica, usted tiene un predio de calabaza de 40 bancos o hileras sembradas a una distancia entre bancos de 6 pies (6' x 6') y cada hilera mide 150 pies. Las plantas se sembraron en abril y tienen 35 días de germinadas. El fabricante de las líneas de riego que está usando indica que la línea de goteo con una distancia entre emisores de 12 pulgadas tiene una descarga de 0.220 galones por minuto por cada 100 pies lineales.*

- ✓ *Calcule el área del predio a regar:  
largo de la hilera x distancia entre hileras x número de bancos  
150 pies x 6 pies x 40 bancos = 36,000 pies<sup>2</sup>*

- ✓ *Convierta el área del predio a acres o cuerdas:  
área a regar  $\div$  43,560 pies<sup>2</sup>/acre (42,306 pies<sup>2</sup>/cuerda).  
36,000 pies<sup>2</sup>  $\div$  43,560 pies<sup>2</sup>/acre = 0.82 acre  
**Predio = 0.82 acre***
- ✓ *Utilice los valores históricos de evapotranspiración potencial ETo provistos en el Cuadro 2 para estimar el riego en el predio de calabaza.*

*El lugar más cercano a Guánica con datos disponibles de ETo es Lajas. Los datos históricos indican un ETo de 145 mm para el mes de abril.*

*Para convertir ese valor a pulgadas divide entre 25.4 (1 pulg = 25.4 mm):  
145/25.4=5.7 pulg/mes, o sea ETo=1.42 pulg/semana (5.7  $\div$  4).*

*La demanda de la atmósfera es 1.42 pulg/semana, pero sus plantas solo tienen 35 días, por lo tanto, usted tiene que aplicar la Ecuación 1 y los datos del Cuadro 1 para estimar el requisito de riego de su cultivo:*

$$ET_c = 1.45 \times 0.71 = \mathbf{1.00 \text{ pulg/semana.}}$$

*Como buen agricultor, usted tiene un medidor de lluvia o pluviómetro en su finca que registró esa semana una lluvia de 0.6 pulg, entonces lo que usted debe regar es 1.00 pulg/semana - 0.6 pulg lluvia/semana = **0.4 pulg de riego en el predio.***

- ✓ *¿Cómo aplicar el agua que necesita regar? En este caso en el predio de 40 bancos se necesita regar 0.4 pulgadas por semana.*

*Se necesitan 27,154 galones de agua para aplicar 1.0 pulg de agua en un acre (0.623 gal-pulg/pie<sup>2</sup> suelo).*

*Por lo tanto, 27,154 gal/acre-pulg  $\times$  0.4 pulg/semana  $\times$  0.82 acre = **8,906 galones de agua/semana** (vea el Cuadro 4 para obtener la conversión de la evapotranspiración (ET<sub>c</sub>) a la cantidad de agua requerida en galones por cuerda).*

- ✓ *¿Cómo estimar el tiempo de riego usando la descarga de la línea de riego?*

*Primero se calculan los pies lineales de línea de riego:*

$$40 \text{ bancos} \times 150 \text{ pies/banco} = \mathbf{6,000 \text{ pies lineales.}}$$

*Luego se calcula la descarga de agua en el predio, utilizando los datos provistos por el fabricante:*

*6,000 pies lineales  $\times$  0.220 gal/min/100 pies lineales = 13.2 gal/min que multiplicado por 60 min/h equivale a **792 gal/h.***

*Para regar los 8,906 galones de agua que calculamos anteriormente en el predio de 0.82 acre, el sistema tendría que estar funcionando **11 h** (8,906 gal  $\div$  792 gal/h).*

*Si usted prende la bomba dos veces en semana entonces sería 5.5 h por cada riego. Recuerde que la descarga depende de la presión de la línea, que debe estar alrededor de 12 PSI.*

- ✓ *Si utiliza una válvula volumétrica para que cierre automáticamente después que riegue lo que necesita, solamente tiene que ajustar la misma para regar 4,453 gal /riego (8,906/2 si es que riega dos veces por semana).*
- ✓ *En este ejemplo se utilizaron datos históricos para calcular el riego, pero un agricultor puede estimar los requisitos de riego usando los datos reales y las páginas en el internet que están disponibles para ayudarle a hacerlo.*

Cuadro 4. Conversión de Evapotranspiración  $ET_c$  a galones de agua por cuerda.

Evapotranspiración pulg	Galones de agua por cuerda
0.10	2,715
0.15	4,073
0.20	5,431
0.25	6,789
0.30	8,146
0.35	9,504
0.40	10,862
0.45	12,220
0.50	13,577
0.55	14,935
0.60	16,292
0.65	17,650
0.70	19,007
0.75	20,365
0.80	21,722
0.85	23,080
0.90	24,437
0.95	25,795
1.00	27,152

Otra alternativa que tiene para programar el riego en su siembra de calabaza es utilizar algunos de los instrumentos mencionados anteriormente tales como: tensiómetros y sensores matriciales y regar entre 0.5 y 0.6 pulg de agua por semana (según resultados de investigación para Puerto Rico descritos anteriormente) cuando el instrumento se lo indique.

Para conocer el porcentaje de agua que el suelo puede retener debe conocer la serie de suelo de su finca. El Servicio de Conservación de Recursos Naturales puede darle la información

más específica. En términos generales, a capacidad de campo un suelo arenoso puede retener 1.2 pulg de agua por pie de suelo; un suelo pesado o arcilloso, 4.8 pulg de agua por pie de suelo. Esto equivale a que un suelo arenoso puede tener 0.7 pulg de agua disponible por pie de suelo para uso por las plantas mientras que el arcilloso puede tener 2.2 pulg de agua disponible por pie de suelo. Por esta razón es que un suelo arenoso requiere riegos más frecuentes y uno arcilloso menos frecuentes independientemente de la etapa del cultivo, ya que depende de la retención de humedad del mismo.

## ***Referencias***

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes y M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO. Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Goyal, M. R. 1989. Estimation of monthly water consumption by selected vegetables crops in the semiarid and humid region of Puerto Rico. AES Monograph 99-00, Estación Experimental Agrícola, Universidad de Puerto Rico. Río Piedras, PR. 431 pp.
- Harmsen, E.W. y A. González. 2005. A computer program for estimating crop evapotranspiration in Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P.R.* 89(1-2):107-113.
- Harmsen, E.W., M. R. Goyal y S. Torres Justiniano. 2002. Estimating evapotranspiration in Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P.R.* 86(1-2): 135-54.
- Harmsen, E.W., A. González Pérez y A. Winter. 2004. Re-evaluation of pan evaporation coefficients at seven location of Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P.R.* 88(3-4):109-122.
- Morris, M. y L. Schwankl. 2008. The California Microirrigation Pocket Guide: System management and maintenance. National Center for Appropriate Technology. California.
- Rossy, J., E. Román Paoli, S. Martínez Garrastazú y L.E. Rivera. 2000. Effect of controlled water regimes on pumpkin growth. Proc. 36ta Reunión Anual Sociedad Caribeña de Cultivos Alimenticios.
- Shock, C.C., R. Flock, E. Feibert, C.A. Shock, A. Pereira y L. Jensen. 2006. El control del riego mediante la tensión matricial del suelo. Técnicas de la Agricultura Sostenible. Oregon State University.
- Valverde, J.C. 2000. Riego y Drenaje. Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED). San José, Costa Rica. P. 223.