

CÓMO DETERMINAR LA CANTIDAD DE AGUA DE RIEGO APLICADA A UNA PARCELA

Edward C. Martin, Ph.D.

Introducción

La estimación acertada de la cantidad de agua aplicada a una parcela es crítica para cualquier esquema de manejo del riego. Muy a menudo, los agricultores aplican agua para hacer que la parcela y los surcos “se vean bien” (oscurecer las camas de los surcos) o continúan regando hasta que el agua llega al final de cada surco. Sin embargo, con frecuencia no tienen una idea precisa de cuánta agua han aplicado. Cuando los agricultores no toman en cuenta la eficiencia de sus sistemas de riego, pueden estar aplicando demasiada o muy poca agua. Muy poca agua ocasiona un estrés hídrico innecesario y puede resultar en reducciones de rendimiento. Demasiada agua puede causar estancamiento del agua, pérdida de nutrientes por excesiva infiltración y puede resultar en una pérdida de la cosecha.

La Ecuación del Regador

¿Cuánta Agua Apliqué?

Estimar la cantidad de agua aplicada a una parcela o una tendida es bastante fácil para los sistemas por gravedad. Se puede usar la ecuación del Regador, $Q \times t = d \times A$, para estimar la profundidad del agua aplicada. En la ecuación:

$$Q \times t = d \times A$$

Q es el caudal, en pies cúbicos por segundo (cfs); **t** es el tiempo de riego o el tiempo total de riego (horas); **d** es la profundidad del agua aplicada (pulgadas) y **A** es el área regada (acres).

Si está trabajando con una bomba, recuerde que 450 galones por minuto equivalen a 1 cfs. También, hay 40 pulgadas de minero por 1 cfs. Sin embargo, las pulgadas de minero cambian de región a región. Asegúrese de revisar con qué tipo de pulgadas de minero está trabajando. La Tabla 1 proporciona unas conversiones útiles.

Tabla 1. Factores de conversión de pies cúbicos por segundo (cfs) a galones por minuto (gpm) a pulgadas de Minero.

Tabla de Conversión de Caudal		
Pies Cúbicos por Segundo (cfs)	Galones por Minuto (gpm)	Pulgadas de Minero
1	450	40
2	900	80
4	1800	160
6	2700	240
8	3600	320
10	4500	400

Para determinar cuánta agua se aplicó, use la Ecuación del Regador y resuelva el valor desconocido, **d**, o sea la profundidad del agua aplicada en pulgadas. Por ejemplo, suponga que regó una tendida de **320 ft (pies) de ancho** (esos son 96 surcos a 40 pulgadas de separación entre ellos); de **800 ft (pies) de largo** con una carga de **6 cfs**. Su tiempo de riego fue de aproximadamente 6.5 horas. ¿Cuánta agua ha aplicado? Primero, calcule el área regada:

$$320 \text{ ft} \times 800 \text{ ft} = 256,000 \text{ ft}^2$$

Hay 43,560 ft² (pies cuadrados) en 1 acre, así que:

$$256,000 \text{ ft}^2 / (43,560 \text{ ft}^2/\text{acre}) = 5.9 \text{ acres}$$

Ahora, al usar la Ecuación del Regador obtenemos que:

$$6.0 \text{ (cfs)} \times 6.5 \text{ (horas)} = d \text{ (pulgadas)} \times 5.9 \text{ (acres)}$$

Al resolver el valor **d** (profundidad del agua aplicada) obtenemos:

$$d \text{ (pulgadas)} = (6 \times 6.5) / 5.9 = 6.6 \text{ pulgadas}$$

La cantidad total de agua aplicada a la parcela fue de 6.6 pulgadas de profundidad.

¿Cuánto Debería Ser mi Tiempo De Riego?

La Ecuación del Regador también se puede usar para estimar el tiempo total del riego. Al elegir la cantidad de agua que desea aplicar, puede usar la misma ecuación, sólo que esta vez resuelva el valor del tiempo en lugar de la profundidad de la aplicación.

Por ejemplo, suponga que su estimación del déficit de agua en el suelo es de 4.0 pulgadas y quiere reponer al suelo y aplicar las **4.0 pulgadas** de agua por completo. El tamaño de su tendida es de **150 pies de ancho** (esos son 45 surcos a 40 pulgadas de separación), **1100 pies de largo** y que el agua está fluyendo a **5 cfs**. ¿Cuánto debería ser su tiempo de riego?

De nuevo, primero calcule el área total que va a regar. En este caso, tenemos:

$$150 \text{ ft (pies)} \times 1100 \text{ ft (pies)} = 165,000 \text{ ft}^2 \text{ (pies cuadrados)}$$

Para convertirlo a acres:

$$165,000 \text{ ft}^2 / (43,560 \text{ ft}^2/\text{acre}) = 3.8 \text{ acres}$$

Ahora, al usar la Ecuación del Regador obtenemos:

$$5.0 \text{ (cfs)} \times t \text{ (horas)} = 4 \text{ (pulgadas)} \times 3.8 \text{ (acres)}$$

Al resolver t obtenemos:

$$t \text{ (horas)} = (4 \times 3.8)/5 = 3 \text{ horas}$$

El tiempo de riego debería ser de 3 horas para aplicar 4.0 pulgadas de agua.

La Ecuación del Regador puede ser usada para determinar cualquiera de las cuatro variables en la ecuación, dada la condición de que conozca las otras tres variables.

No olvide la Eficiencia

El factor más frecuentemente menospreciado en el riego es la eficiencia del sistema de riego mismo. Hay muchos tipos diferentes de eficiencias y muchas maneras diferentes de definirla. El término de eficiencia aquí se refiere a la habilidad en general del sistema para aplicar la misma cantidad de agua a todas las partes de la parcela. Un sistema con una eficiencia del 100% debería ser capaz de aplicar la misma cantidad de agua a cada pulgada de la parcela: la cabecera, el centro, los lados, el final, etc. Ningún sistema es 100% eficiente. Los sistemas por goteo son los más eficientes, con eficiencias cercanas al 95%. Los sistemas por gravedad son notorios por su ineficiencia, pero en parcelas con un apropiado manejo, estos sistemas pueden lograr eficiencias comparables con las de algunos sistemas de aspersores.

La Tabla 2 proporciona los rangos de eficiencias normalmente asociados con diferentes tipos de sistemas de riego. Para aplicar la cantidad apropiada de agua a un

campo, primero debe decidir qué eficiencia usar en sus cálculos. Esta tabla nos da un rango de valores para períodos de uso temporal y uso máximo de agua. Se proveen estos valores porque algunos sistemas están mejores equipados para manejar grandes aplicaciones y durante tiempos de uso máximo de agua; cuando la demanda del agua es alta, la eficiencia del sistema se incrementa.

Por ejemplo, todos los sistemas por gravedad aumentan su eficiencia al pasar de períodos de uso temporal a períodos de uso máximo porque estos sistemas pueden aplicar grandes cantidades de agua más eficientemente que cuando aplican cantidades pequeñas. Durante la primera parte de la temporada, estos sistemas son ineficientes porque aplican demasiada agua. En general, la eficiencia del uso temporal es relativamente baja comparada con la eficiencia durante el tiempo de uso máximo. Por otro lado, los sistemas de aspersión y por goteo (con la excepción de los sistemas móviles de aspersión), mantienen sus eficiencias sin importar si se usan durante períodos temporales o de uso máximo. Esto se debe que estos sistemas aplican cantidades grandes o pequeñas de agua con aproximadamente la misma eficiencia.

Probablemente un buen comienzo es tomar el promedio de los rangos en la Tabla 2, aunque muchos sistemas por gravedad operan en la parte más baja de los rangos dados. También, muchos sistemas de aspersión con sistemas de Aplicación Precisa de Baja Energía (LEPA, por sus siglas en inglés) y aspersores colgantes logran eficiencias aún más altas que las dadas en la tabla. Usted puede contactar a la oficina de Servicios de Conservación de los Recursos Naturales (Natural Resources Conservation Service) o a un asesor local quienes podrán realizar un análisis del desempeño de su sistema para determinar la eficiencia del riego. Una vez que la eficiencia se haya determinado, use ese dato para ajustar sus cantidades de riego.

Tabla 2. Tabla de eficiencias estimadas para períodos temporales promedio y períodos de uso máximo de agua.*

Tipo de Sistema de Riego		Rango de Eficiencia (%)	
		Promedio de Uso Temporal	Período de Uso Máximo
Por gravedad	Surco (sin reuso)	55-77	77-80
	Bordo (sin reuso)	63-84	77-87
	Cajete	70-80	70-87
	Cajete nivelado a precisión	77-84	80-87
Por Aspersión	Lateral transportable	70-80	70-80
	Autopropulsado o Cañón	67-75	55-70
	Equipo fijo	70-87	70-87
	Pivote Central	80-87	80-87
	Movimiento Lateral	84-90	84-90
Por Goteo	Micro-aspersión	74-93	74-93
	Cintilla	85-95	85-95

* Modificado de Hoffman et al. (1990)

Vamos a considerar el segundo ejemplo en donde el agricultor trataba de determinar cuanto debería ser el tiempo del riego para aplicar 4.0 pulgadas de agua. Si él tiene un sistema con una eficiencia del 75%, entonces la cantidad de agua debería aumentar de 4.0 pulgadas a 5.3 pulgadas. Para poder tomar en consideración la ineficiencia del sistema, la cantidad de agua calculada se debe dividir entre el valor de la eficiencia. En el ejemplo de arriba, la cantidad calculada de 4 pulgadas se divide entre la eficiencia del 75% (o 0.75):

$$4.0/0.75 = 5.3$$

Esto nos da la cantidad de agua real que se necesita aplicar para asegurarse que la parcela completa reciba al menos 4 pulgadas de agua. Por supuesto, algunas partes de la parcela recibirán más agua, pero ese es el costo de la ineficiencia del sistema.

Para determinar el tiempo de riego para el ejemplo de arriba, usamos la Ecuación del Regador y calculamos para 5.3 pulgadas en lugar de 4.0 pulgadas:

$$5 \times t = 5.3 \times 3.8$$
$$Q \times t = d \times A$$

Al resolver t obtenemos:

$$t = (5.3 \times 3.8) / 5 = 4 \text{ horas}$$

El tiempo de riego debería ser de 4 horas para asegurarse de que todas las partes de la parcela reciban al menos 4.0 pulgadas de agua.

El cálculo apropiado junto con el mantenimiento de un registro de las cantidades de agua y de los tiempos de riego, además de la estimación realista de la eficiencia del sistema, le ayudará a asegurarse de que su cosecha reciba toda el agua que necesita.

La información provista en este boletín también está disponible en una Regla de Cálculo para Irrigación (1999) (Irrigation Slide Chart), la cual ayuda a determinar tiempos de riego y caudales de agua. La Regla de cálculo está escrita en Inglés y en Español y es fácil de usar. Esta regla está disponible a través de su oficina de Extensión Cooperativa local.

Referencias

Hoffman, G.J., T.A. Howell and K.H. Solomon, eds. 1990. Manejo de Sistemas de Riego de Parcelas. (Management of Farm Irrigation Systems) Amer. Soc. Agric. Engr. ASAE Monograph No. 9. St. Joseph, MI 1040 pp.

Regla de Cálculo para Irrigación. (Irrigation Slide Chart). 1999. The University of Arizona, Cooperative Extension, Pub. Az1135, Arizona Water Series: Number 21. (Inglés/Español).

Para mayor información contacte su oficina de Extensión Cooperativa local.



THE UNIVERSITY OF ARIZONA
COLLEGE OF AGRICULTURE AND LIFE SCIENCES
TUCSON, ARIZONA 85721

EDWARD C. MARTIN, Ph.D.
Associate Professor and Irrigation Specialist

TRANSLATED BY:
CAROLINA MUÑOZ

CONTACT:
EDWARD C. MARTIN
edmartin@cals.arizona.edu

This information has been reviewed by university faculty.
cals.arizona.edu/pubs/water/az1157S.pdf

Other titles from Arizona Cooperative Extension can be found at:
cals.arizona.edu/pubs

La Universidad de Arizona no avala ningún producto, servicio u organización que se mencione, muestre o se implique indirectamente en esta publicación.

Publicado como adelanto del trabajo de la Extensión Cooperativa, representado desde Mayo 8 y Junio 30 de 1914; en cooperación con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, James A. Chritenson. Director de Extensión Cooperativa en el Colegio de Agricultura y Ciencias de Vida de La Universidad de Arizona. La Universidad de Arizona da una igualdad de oportunidades, Institución de acción afirmativa. La Universidad de Arizona no discrimina en base de raza, color, religión, sexo, nacionalidad, edad, incapacidad, condición de veterano u orientación sexual en este programa de actividades.