



Quinto
Congreso Nacional
de Riego y Drenaje
COMEII-AURPAES 2019

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



Artículo: COMEII-19054

*Mazatlán, Sin., del 18 al 20
de septiembre de 2019*

DISEÑO Y EVALUACIÓN DEL RIEGO POR GRAVEDAD EN LOS DISTRITOS DE RIEGO 011, 023 Y 085

Carlos Chávez* ; Jacobo López-Hernández

Centro de Investigaciones del Agua. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro. C.U.
Cerro de las Campanas, C.P. 76010, Querétaro, México.

chagcarlos@uaq.mx – (442) 192 1200 (*Autor de correspondencia)

Resumen

En este trabajo se presentan algunos resultados que se han obtenido en la implementación del programa RIGRAT en tres Distritos de Riego que está coordinando la Universidad Autónoma de Querétaro. Los resultados muestran que, con un diseño eficiente, mediante una prueba de riego y el uso de una fórmula analítica, se ha logrado disminuir el tiempo de riego por hectárea y las láminas aplicadas. Lo anterior ha permitido lograr un incremento en la eficiencia de aplicación al pasar del 40% a un 90% en promedio en los tres distritos de riego.

Palabras claves: RIGRAT, uso eficiente del agua



Introducción

El programa Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT) se ha venido implementando, por parte de la CONAGUA, desde el año 2014 en algunos distritos de riego del país con el principal de disminuir las láminas de riego aplicadas en los cultivos. La Universidad Autónoma de Querétaro ha estado trabajando en los Distritos de Riego 023, San Juan del Río Querétaro, 085, La Begoña Guanajuato y desde el 2017 en el 011 Alto Río Lerma.

Para conocer la lámina de agua que se aplica en cada parcela es necesario realizar pruebas de riego para evaluar la eficiencia de aplicación, eficiencia de uniformidad y eficiencia de requerimiento. Los resultados del avance y recesión se introducen en un programa de cómputo para que, mediante un algoritmo de optimización no lineal, se obtengan los valores de la conductividad hidráulica saturada del suelo y el valor de la succión.

Un correcto diseño del caudal unitario que debe de aplicarse a cada surco o melga, requiere del conocimiento de las características de las parcelas (longitud, contenidos de humedad, densidad aparente), cultivo establecido, etapa fenológica y la lámina por aplicar, así como los parámetros medios de la ecuación de infiltración que se esté utilizando: K_s y h_f en el caso de la ecuación de Green y Ampt (1911).

Materiales y Métodos

El modelo de la onda cinemática considera que en la ecuación de cantidad de movimiento de Barré de Saint-Venant los términos inerciales y de presión son despreciables, con respecto a los términos de fricción y gravedad. Con tales suposiciones el modelo queda de la siguiente forma:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = -W \quad (1)$$

$$S_f = S_o \quad (2)$$

donde $A = A(x, t)$ es el área hidráulica (L^2); $Q = Q(x, t)$ es el gasto (L^3T^{-1}); W es el volumen infiltrado por unidad de longitud de surco en la unidad de tiempo (L^3T^{-1}); t es el tiempo (T); S_o es la pendiente del fondo del surco (LL^{-1}) y S_f es la pendiente de la línea de energía (LL^{-1}).

De acuerdo con Fuentes *et al.* (2012) y colaboradores la fórmula para calcular el gasto óptimo es:



$$q_o = \alpha_u K_s L, \quad \alpha_u = \frac{\ell_n}{\ell_n - \frac{S^2}{2K_s} \ln \left(1 + \frac{2K_s}{S^2} \ell_n \right)} \quad (3)$$

en la cual se debe notar que $K_s L = q_m$ representa el gasto unitario mínimo necesario para que el agua arribe a la parte final de la melga, S es la sorbilidad del medio expresado por $S^2 = 2K_s h_f (\theta_s - \theta_o)$ y ℓ_n es la lámina neta de riego. El gasto óptimo por surco se calcula como $Q_o = b q_o$, donde es el ancho del surco.

El proceso de simulación, métodos numéricos de y diseño está ampliamente documentada en Fuentes *et al.* (2012) y en Chávez y Fuentes (2019).

Las pruebas de riego se han realizado en los 3 DR en los ciclos otoño-invierno y primavera verano sembradas con diferentes cultivos: maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum vulgare*), alfalfa (*Medicago sativa*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), jícama (*Pachyrhizus erosus*), cebada (*Hordeum vulgare*), cebolla (*Allium cepa*), avena (*Avena sativa*), zanahoria (*Daucus carota*) y trigo (*Triticum aestivum*). La metodología que se usa para realizar una prueba de riego, así como los datos que se miden pueden consultarse en Chávez y Fuentes (2018).

Resultados y Discusión

Propiedades físicas de los suelos

En todas las parcelas donde se han realizado pruebas de riego se tiene información de la longitud longitud, pendiente, textura, densidad aparente, contenidos de humedad inicial y a saturación. La metodología empleada para medir está ampliamente documentada en Chávez y Fuentes (2018).

Pruebas de riego

Al realizar las pruebas de riego se pudo observar que en la mayoría de los casos el regador tiene las siguientes prácticas:

- a) Abre varios surcos para que el tendido avance lento
- b) Es remunerado en función del número de servicios que brinda por día
- c) Aplica el riego dormido para evitar trabajar en la noche
- d) El dueño de la parcela es quien no está de acuerdo en cambiar la forma de riego por tradición añeja
- e) En parcelas con pendientes no uniformes, primero deben de inundar la zona más baja para que el agua avance a las zonas más altas.

En las siguientes ilustraciones se ponen algunos ejemplos encontrados de los riegos deficientes



Figura 1. Evaluación de una prueba de riego en el DR 011



Figura 2. Evaluación de una prueba de riego en el DR 023



Figura 3. Evaluación de una prueba de riego en el DR 085

Cálculo y aplicación del gasto óptimo

Después de realizar las evaluaciones de las pruebas de riego, se procedió al cálculo del gasto óptimo con la metodología comentada la sección anterior. Al aplicar el diseño, se pudo ver que el número de surcos por tendido disminuye en al menos un 10%, en algunos casos, esta reducción se dio en 60% (de 146 surcos originalmente a 59 con diseño). La reducción en el número de surcos por tendido trajo un ahorro significativo en las láminas de agua aplicadas por evento de riego, mismas que se ven reflejadas en los volúmenes ahorrados por evento de riego. Los tiempos de riego por hectárea disminuyeron significativamente, pero estos tiempos están en función del gasto que reciben los regadores en la entrada en la parcela, por lo que no es lo mismo regar una hectárea con 50 lps a otra que tiene un gasto de 10 lps, sin embargo, los mismos regadores han manifestado que sus tendidos avanzan más uniforme, pero el único inconveniente que le ven es que ahora deben de estar más atentos.

En las siguientes Figuras se muestra lo comentado con anterioridad.

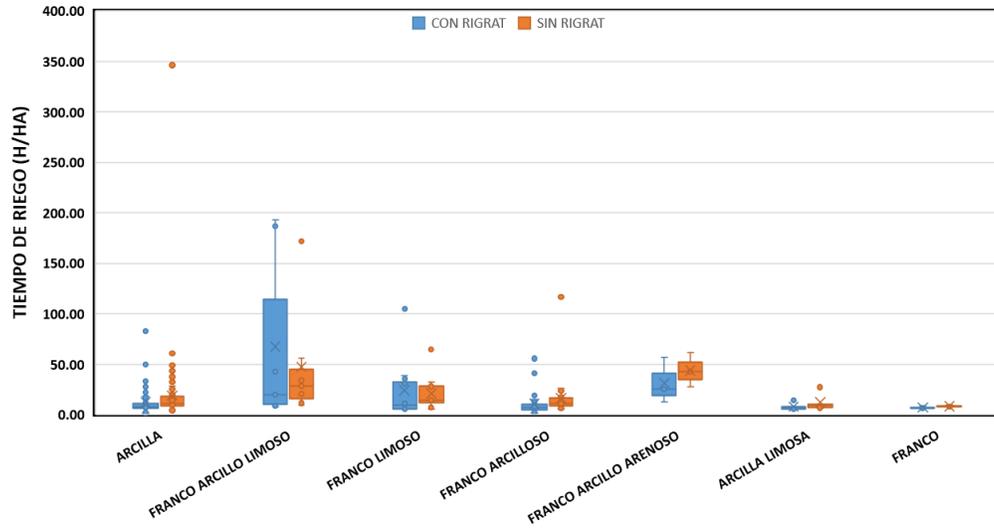


Figura 4. Tiempos de riego por hectárea en el DR 011

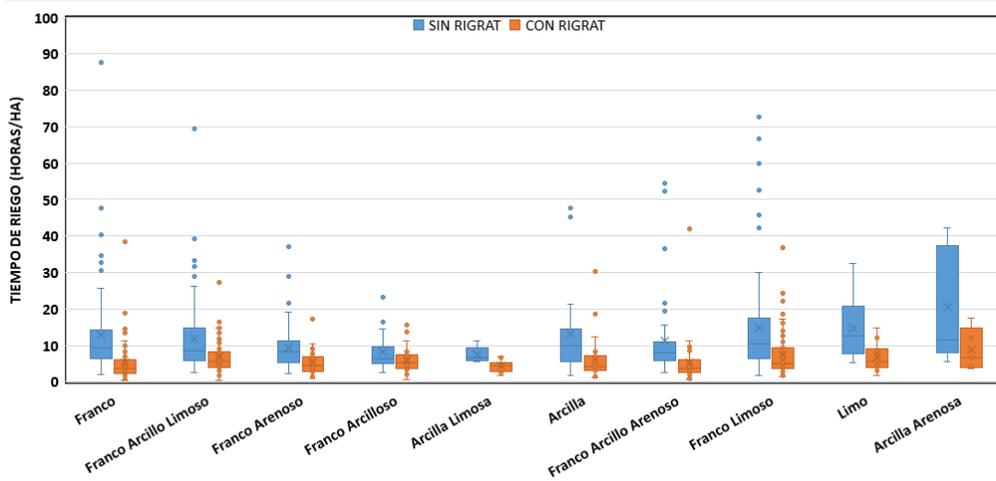


Figura 5. Tiempos de riego por hectárea en el DR 023

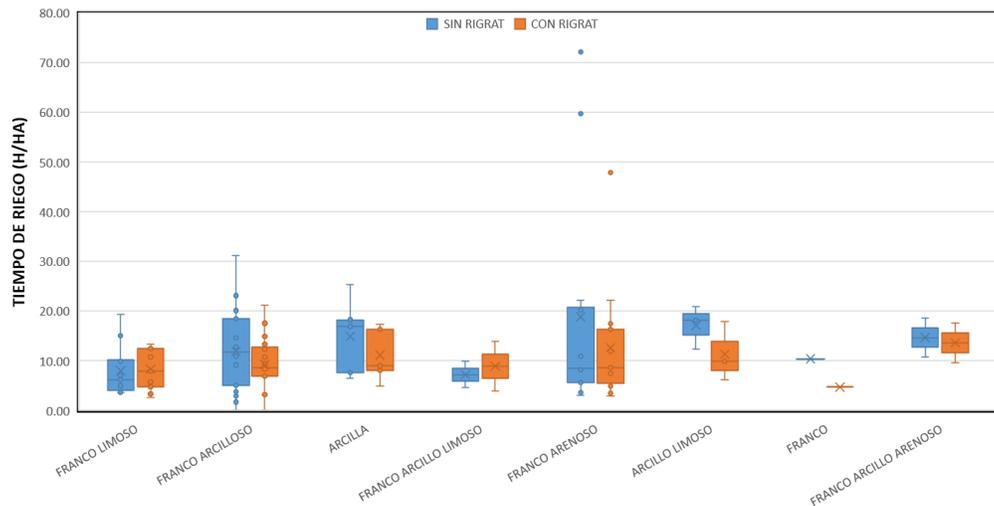


Figura 6. Tiempos de riego por hectárea en el DR 085

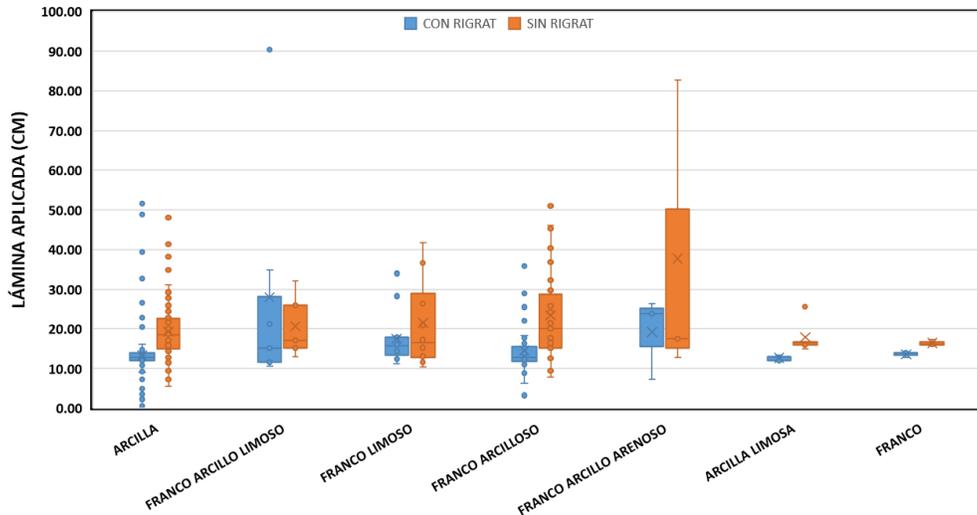


Figura 7. Lámina de agua aplicada por hectárea en el DR 011

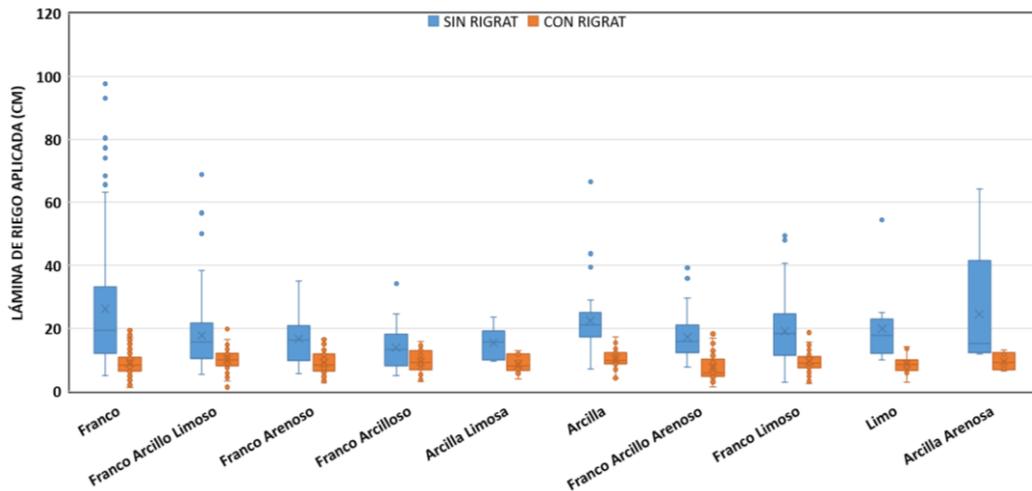


Figura 8. Lámina de agua aplicada por hectárea en el DR 023

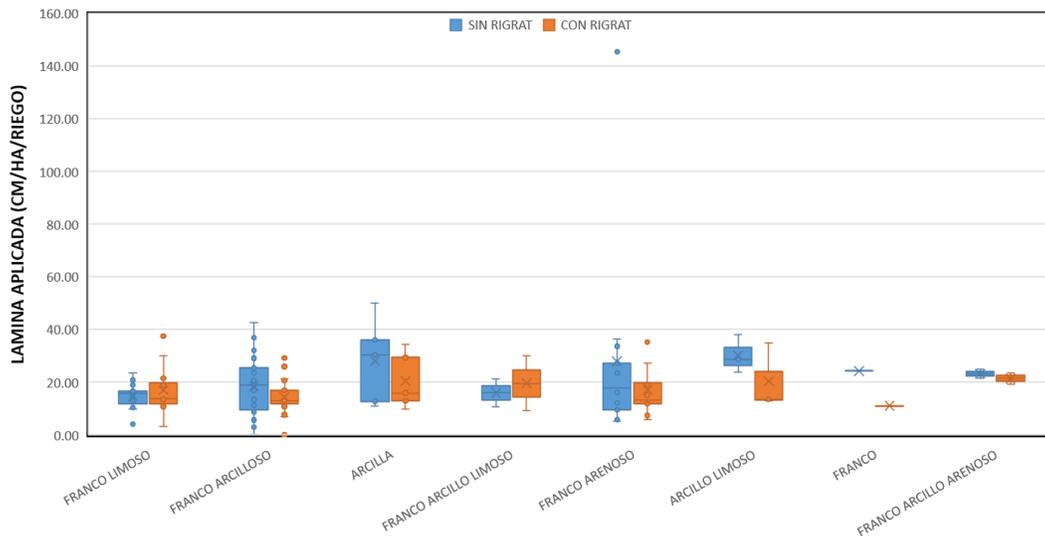


Figura 9. Lámina de agua aplicada por hectárea en el DR 085

Volúmenes ahorrados

La reducción en las láminas de riego aplicadas en los cultivos ha traído ahorros significativos en los volúmenes de agua que se han dejado de aplicar a los cultivos. Estos ahorros cuantificados son por evento de riego en cada DR, que si lo multiplicamos por 3 riegos que normalmente se otorgan el ahorro es mucho mayor. En general se puede ver que ahorros mínimos son del orden de 450 m³ en los suelos Franco Arcillosos y los suelos Franco limosos. En las parcelas en donde más ahorro hay son aquellas en donde corresponden a las texturas Arcillosas. No obstante que se ha estado trabajando durante varios años en este programa, los ahorros que se obtienen por ciclo siguen siendo significativos. También, puede verse que los ahorros mayores se han estado presentando en el DR 011, Distrito en la cual la UAQ le dio seguimiento a partir de Septiembre del 2017. Estos ahorros corresponden a aquellos que se han obtenido en las pruebas realizadas en el ejercicio 2018 de la componente RIGRAT.

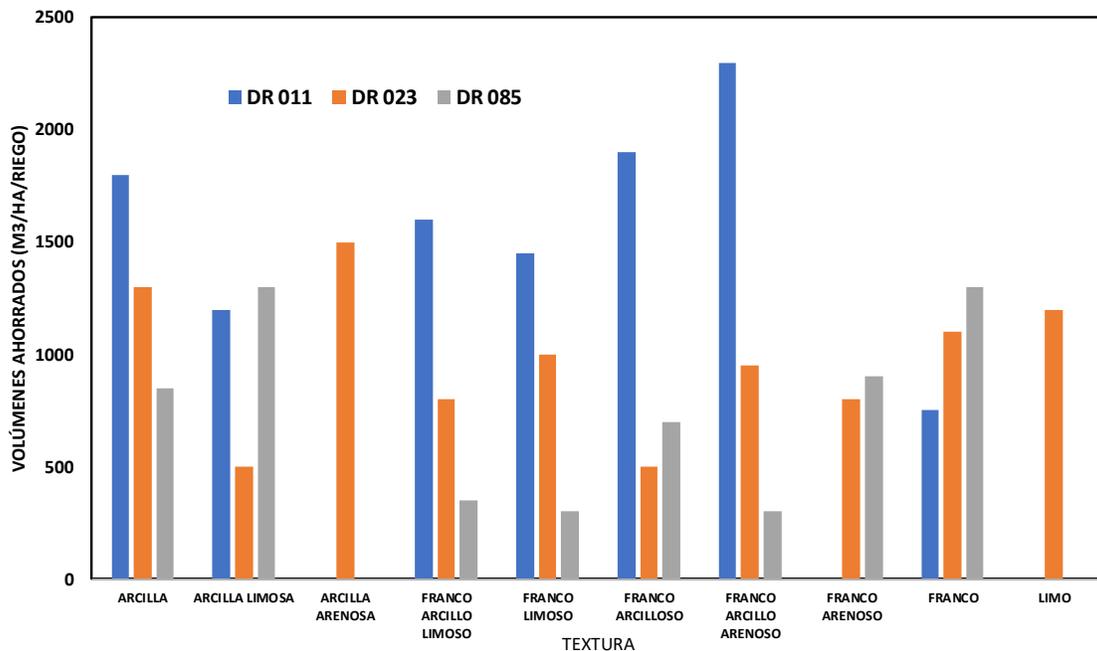


Figura 10. Volúmenes ahorrados por evento de riego en los DR 011, 023 y 085

Conclusiones

La fórmula de gasto óptimo utilizada para el diseño de riego por gravedad se usó con excelentes resultados, se pudo ver que cuando se aplica en las parcelas los tiempos de riego disminuyen, así como las láminas aplicadas. Al reducir, en general, el número de surcos por tendido en un riego se avanza más rápido y por consecuencia hay un ahorro significativo en los volúmenes de agua que se han dejado de aplicar.

Derivado de los análisis que se han realizado en estos años que lleva operando el programa, se ha visto que hay muchos terrenos desnivelados, en ellos se dificulta realizar



la prueba de riego, porque se desborda el agua de los surcos fuera del tendido original, en estos casos la receta de riego no se aplica como se debe, debido principalmente a que las mediciones que se obtienen no son representativas. En las parcelas donde han realizado las pruebas de riego se visto que en promedio la eficiencia de riego es del 42%, y que una vez que se aplica la receta de riego esta eficiencia ha aumentado hasta el 85% o más

Finalmente, es indispensable que los usuarios acepten hacer cambios a su mentalidad tan arraigada sobre las formas de riego, además de que para este proyecto se siga consolidando, se debe contar con el apoyo de: autoridades del módulo, canaleros, regadores, comisariados ejidales, delegados, y las autoridades de la Comisión Nacional de Agua

Referencias Bibliográficas

- Chávez C., C. Fuentes. 2019. Design and evaluation of surface irrigation systems applying an analytical formula in the Irrigation District 085, La Begoña, Mexico. *Agricultural Water Management*, 221: 279-285.
- Chávez C., C. Fuentes. 2018. Optimization of furrow irrigation by an analytical formula and its impact on the reduction of water applied. *AGROCIENCIA*, 52: 483-496.
- Fuentes C., H. Saucedo, L. Rendón. 2012. Capítulo 7. Diseño de Riego por Gravedad. En *Riego por Gravedad*. Editores Carlos Fuentes y Luis Rendón. Universidad Autónoma de Querétaro. 321-358.
- Green, W.A., G.A. Ampt. 1911. Studies on soil physics. 1. The flow of air and water through soil. *J. Agric. Sci.*, 4: 1-24.
- UAQ (2018). Informe Anual de la Coordinación de Riego por Gravedad Tecnificado en el Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato.
- UAQ (2018). Informe Anual de la Coordinación de Riego por Gravedad Tecnificado en el Distrito de Riego 023, San Juan del Río, Querétaro.
- UAQ (2018). Informe Anual de la Coordinación de Riego por Gravedad Tecnificado en el Distrito de Riego 085, La Begoña, Guanajuato.