



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Sexto Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas

COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN DE GREEN Y AMPT USANDO UN ALGORITMO DE OPTIMIZACIÓN NO LINEAL

Sebastián Fuentes, Carlos Chávez y Carlos Fuentes



FI | FACULTAD
DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería de Riego y Drenaje

Fecha de presentación del 09 al 11 de junio de 2021





Problemática





Ecuación de Green y Ampt

Ecuación diferencial ordinaria:

$$V_i = \frac{dI(t)}{dt} = K_s \left(1 + \frac{(h_{\text{sup}} + h_f)(\theta_s - \theta_0)}{I} \right)$$

Integrando con la condición inicial $I=0$ en $t=0$ se tiene:

$$I = K_s t + \lambda \ln \left(1 + \frac{I}{\lambda} \right) \quad ; \quad \lambda = (h_{\text{sup}} + h_f)(\theta_s - \theta_0)$$





Optimización de parámetros

Para estimar los parámetros

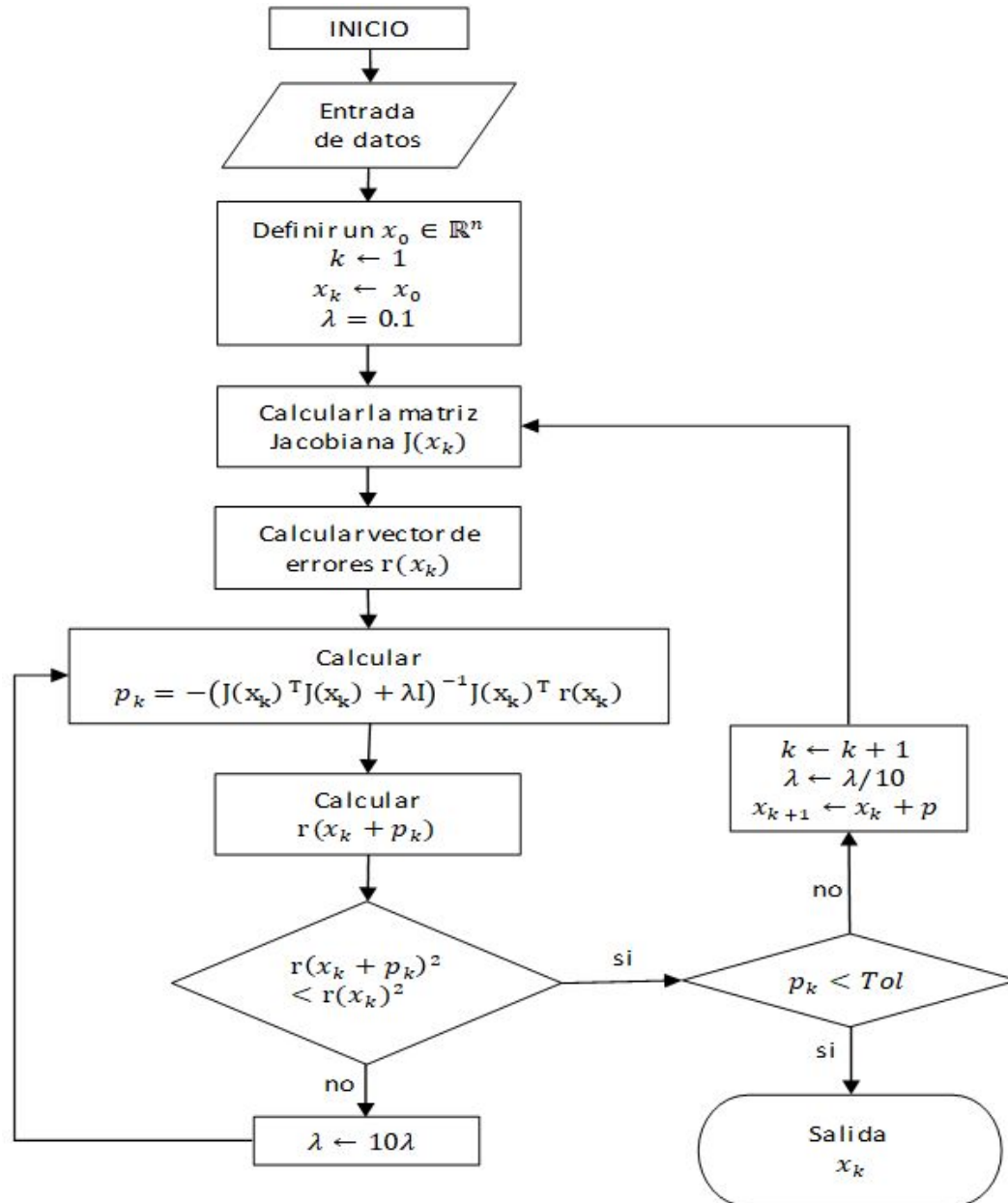
$$\mathbf{p} = -\left(\mathbf{J}(\mathbf{x}_k)^T \mathbf{J}(\mathbf{x}_k) + \mu \mathbf{I}_d\right)^{-1} \mathbf{J}(\mathbf{x}_k)^T \mathbf{r}(\mathbf{x}_k)$$

$$\mathbf{J}(\mathbf{x}_k) = \begin{bmatrix} \frac{\partial l_1}{\partial K_s} & \frac{\partial l_1}{\partial h_f} \\ \frac{\partial l_2}{\partial K_s} & \frac{\partial l_2}{\partial h_f} \\ \square & \square \\ \frac{\partial l_m}{\partial K_s} & \frac{\partial l_m}{\partial h_f} \end{bmatrix}$$





Optimización de parámetros





El programa de cómputo

Green y Ampt

Archivo ▾ Datos del suelo ▶ Ejecutar Memoria de cálculo Ayuda

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA

PRUEBA DE INFILTRACIÓN

	Tiempo acumulado (h)	Lámina acumulada (cm)
▶ 1	0.0000	0.0000
2	0.0028	0.5000
3	0.0310	1.0000
4	0.0697	1.5000
5	0.1165	2.0000
6	0.1887	2.5000
7	0.2631	3.0000
8	0.3594	3.5000
9	0.4544	4.0000
10	0.5958	4.5000
11	0.7547	5.0000
12	0.9761	5.5000
13	1.2137	6.0000
14	1.4719	6.5000
15	1.7679	7.0000
16	2.0682	7.5000
17	2.3716	8.0000
18	2.6768	8.5000
19	3.0079	9.0000
20	3.3644	9.5000

GRÁFICA DE INFILTRACIÓN ACUMULADA

RESULTADOS

Conductividad hidráulica a saturación (K_s): 0.2132 cm/h

Succión en el frente de humedecimiento (h_f): 119.0250 cm

Infiltración máxima (I_{max}): 37.129 cm

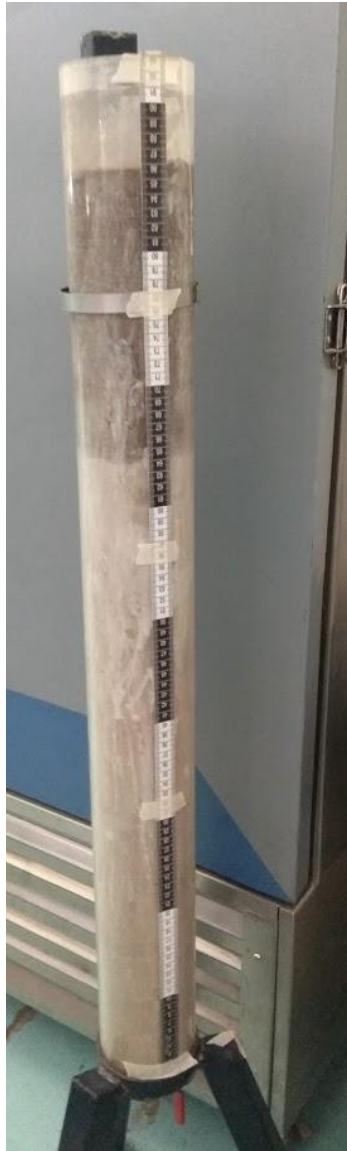
Tiempo para I_{max} (T_{max}): 2.477.000 min

Sebastián Fuentes, Carlos Chávez y Carlos Fuentes / 2021



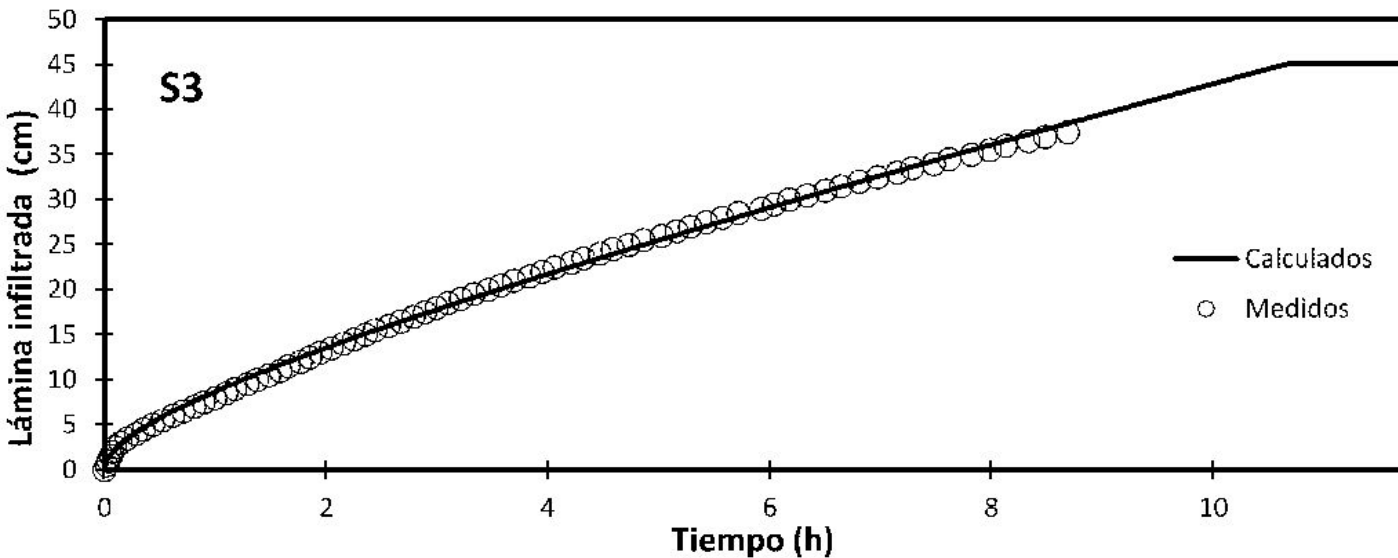
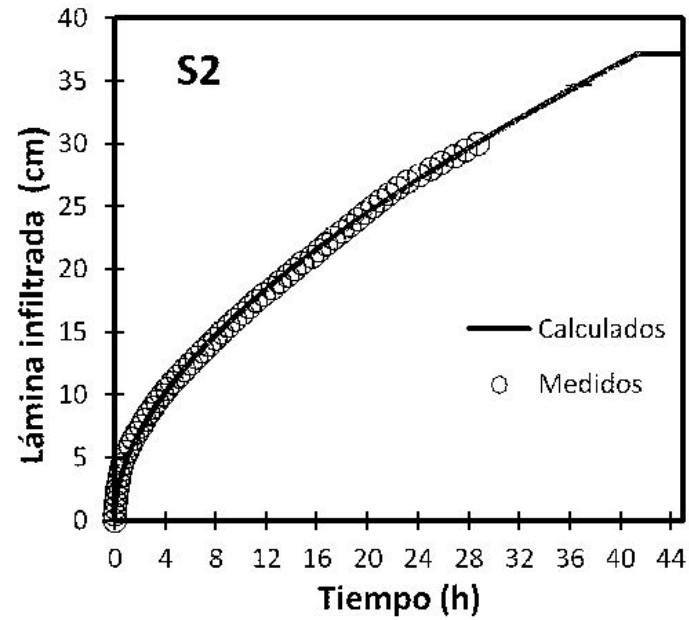
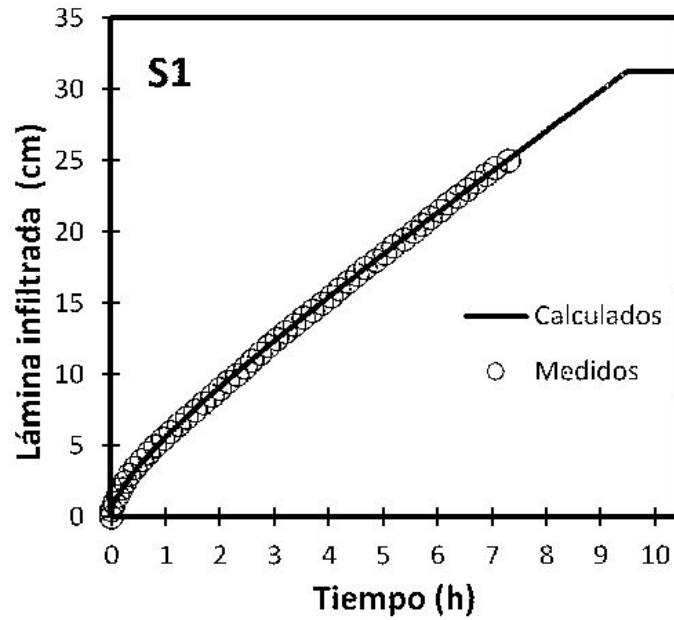


Las pruebas de infiltración



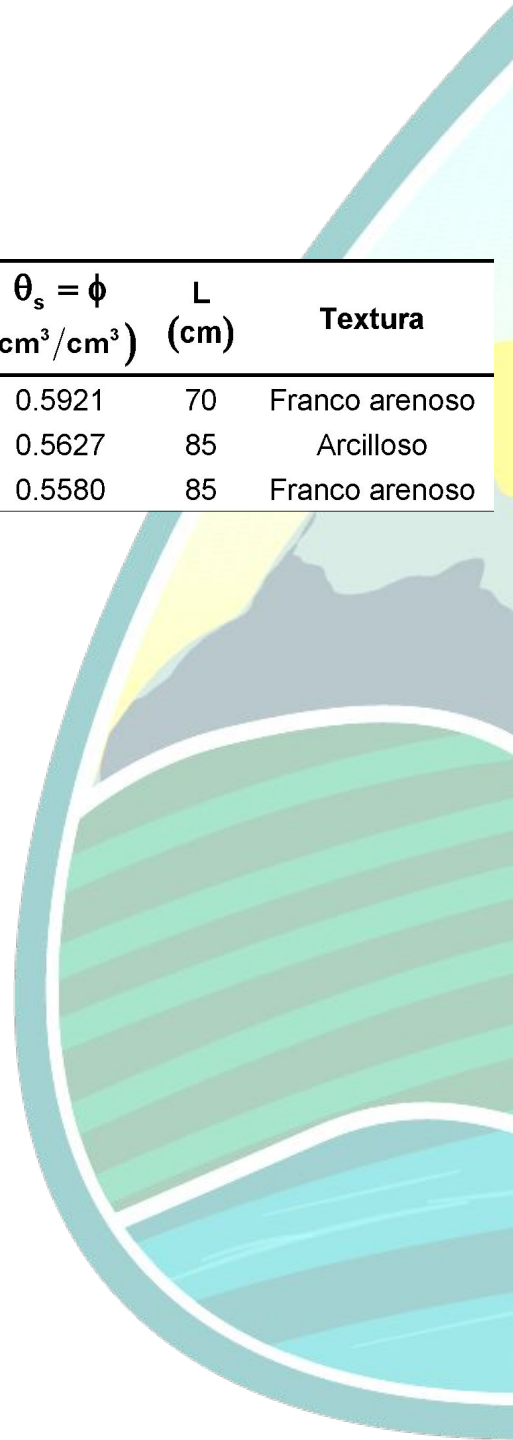


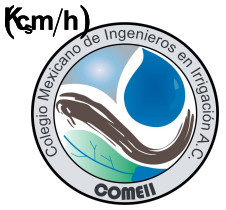
Las pruebas de infiltración



Muestra de suelo	ρ_t (g/cm ³)	θ_o (cm ³ /cm ³)	h (cm)	$\theta_s = \phi$ (cm ³ /cm ³)	L (cm)	Textura
S1	1.0810	0.1462	6	0.5921	70	Franco arenoso
S2	1.1588	0.1259	6	0.5627	85	Arcilloso
S3	1.1713	0.0280	5	0.5580	85	Franco arenoso

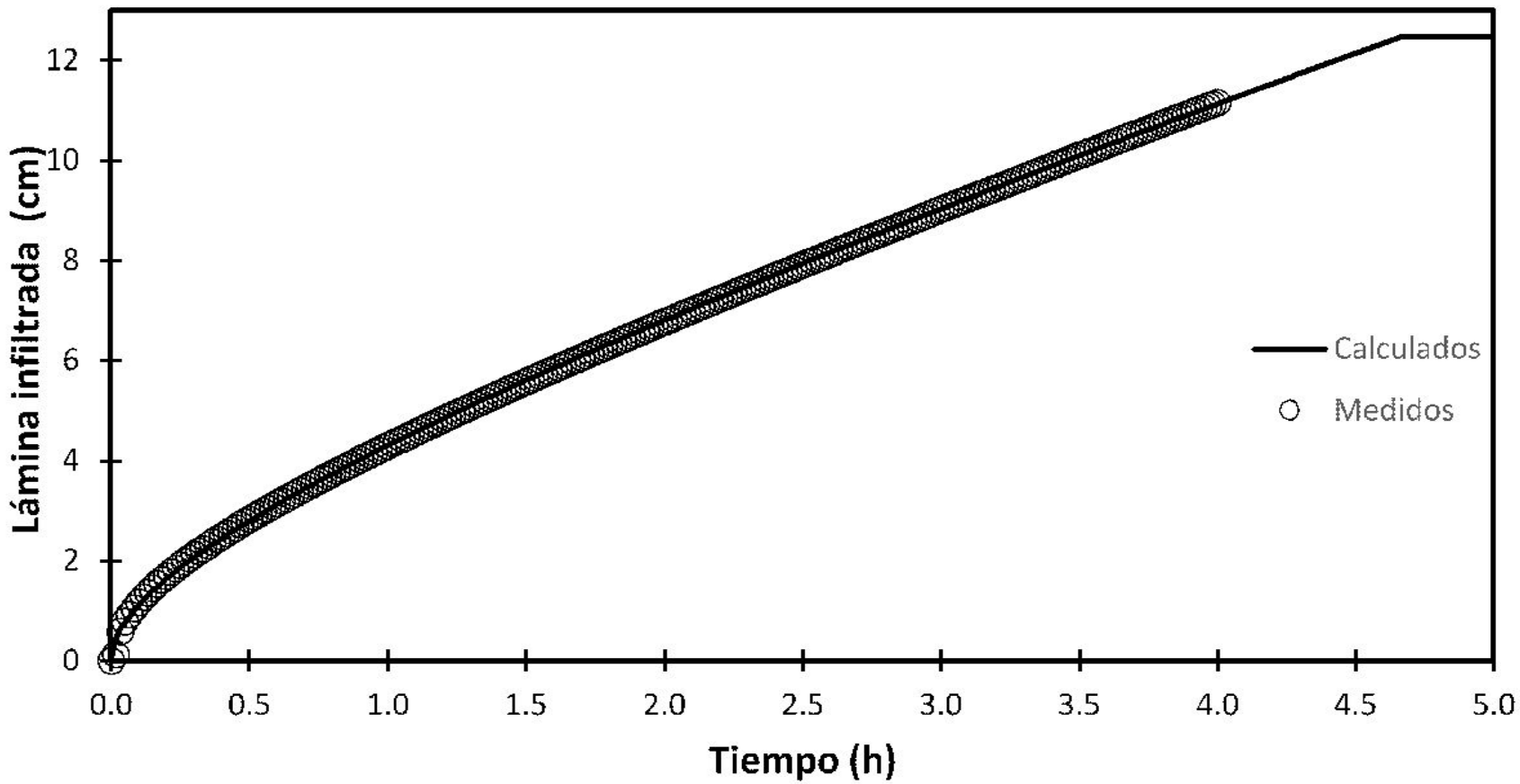
Sitio	K_s (cm/h)	h_f (cm)	RECM (cm)
S1	2.4869	2.0000	0.1323
S2	0.2132	119.0250	0.3052
S3	2.8071	10.0561	0.4236



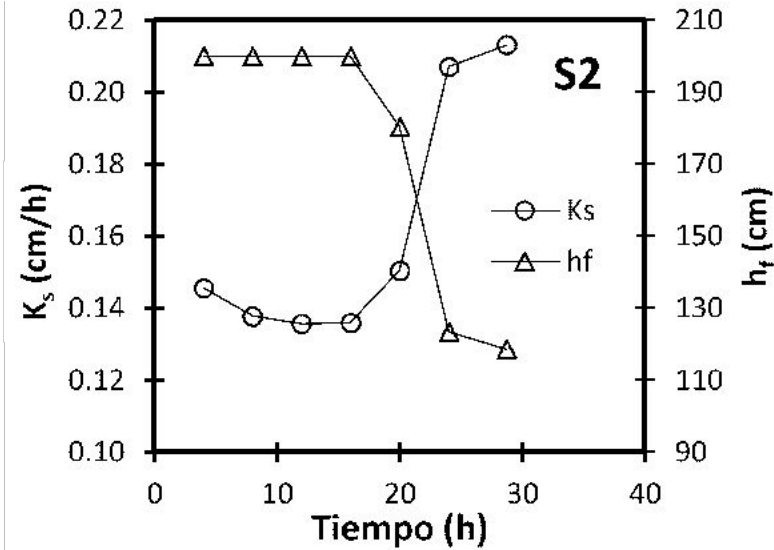
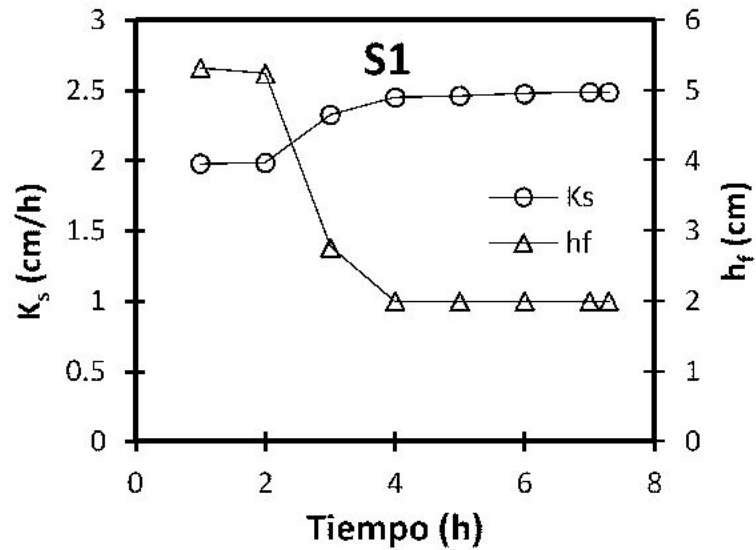


Validación del programa de cómputo

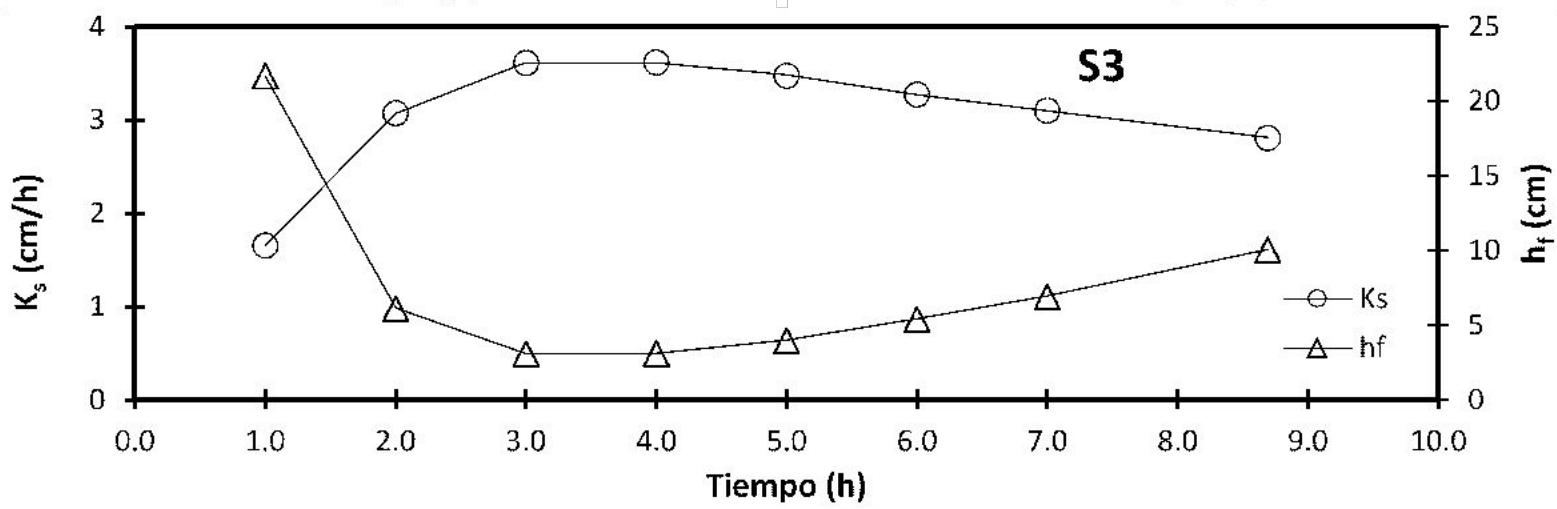
Experimento	K_s reportado (cm/h)	K_s optimizado (cm/h)
Fuentes <i>et al.</i> (2010)	1.86	1.60



Sensibilidad de los parámetros optimizados a la duración de la prueba de infiltración



$$S^2 = 2K_s h_f \Delta\theta$$





Conclusiones

El algoritmo se puso a prueba utilizando datos de infiltración tomadas de la literatura y los resultados encontrados fueron satisfactorios, dado un criterio de error.

La principal ventaja de la optimización presentada es el poco tiempo de cómputo que requiere para optimizar los parámetros de la ecuación de Green y Ampt.

El análisis de sensibilidad indica que el tiempo de duración de la prueba de infiltración afecta significativamente los valores K_s y h_f





"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Sexto Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas

COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



¡GRACIAS!

Ing. Sebastián Fuentes

Centro de Investigaciones del Agua

**Departamento de Ingeniería de Riego y Drenaje,
Universidad Autónoma de Querétaro**

 sefuca.1196@gmail.com

