



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



## Sexto Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas

COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



# MODELO EXPERIMENTAL PARA ESTIMAR LA GEOMETRÍA DEL BULBO HÚMEDO DEL SUELO, BAJO UN EMISOR

Arquímedes Santiago López

Fidencio Cruz Bautista

Fecha de presentación del 09 al 11 de junio de 2021





# INTRODUCCIÓN

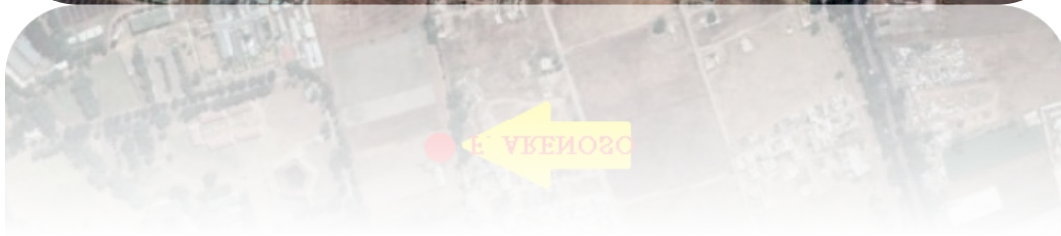
En México se siembra más donde falta agua: donde la precipitación normal al año (milímetros=mm) es menor, el área cosechada (hectáreas=ha) es mayor gracias al riego.

## DISPONIBILIDAD DE AGUA Y CULTIVO DE RIEGO

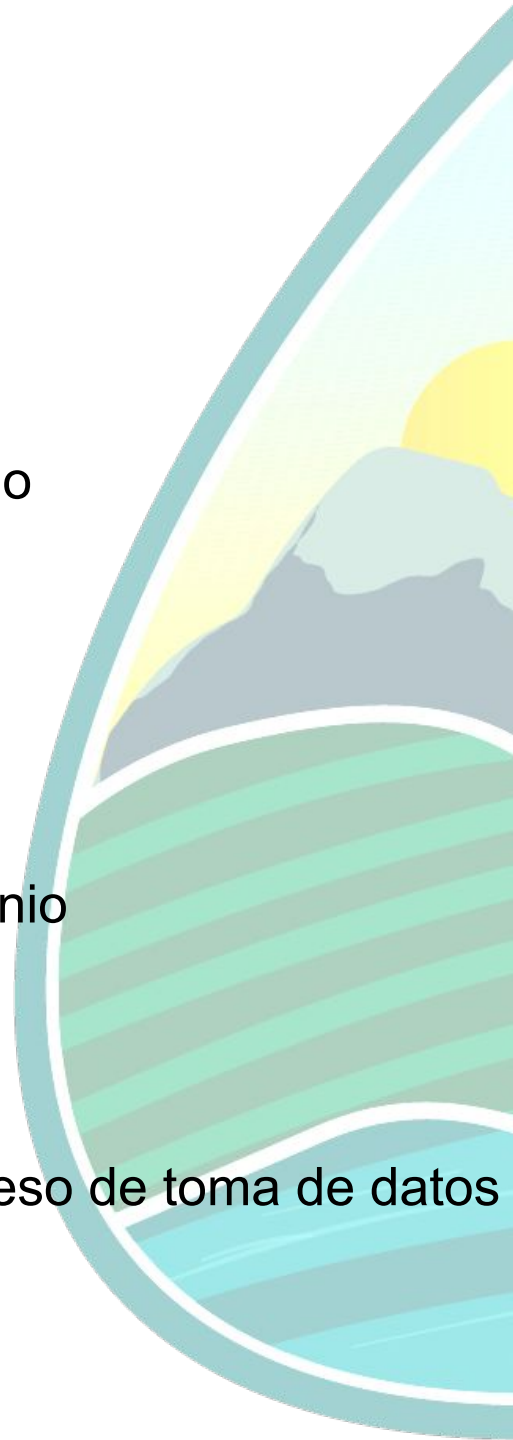


# Materiales y métodos

## Materiales



- Parcelas
- Un mini sistema de riego
- Reactivos químicos
- Barrena
- Contenedores de aluminio
- Estufa de secado
- Materiales para el proceso de toma de datos

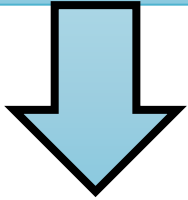




# Materiales y métodos

## Fundamentos Matemáticos

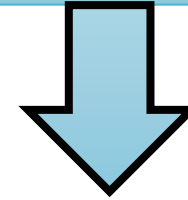
Schwartzman y Zur (1986)



$$D = 1.82(V_w)^{0.22} \left(\frac{k_s}{q}\right)^{-0.17}$$

$$Z = 2.54(V_w)^{0.63} \left(\frac{k_s}{q}\right)^{0.45}$$

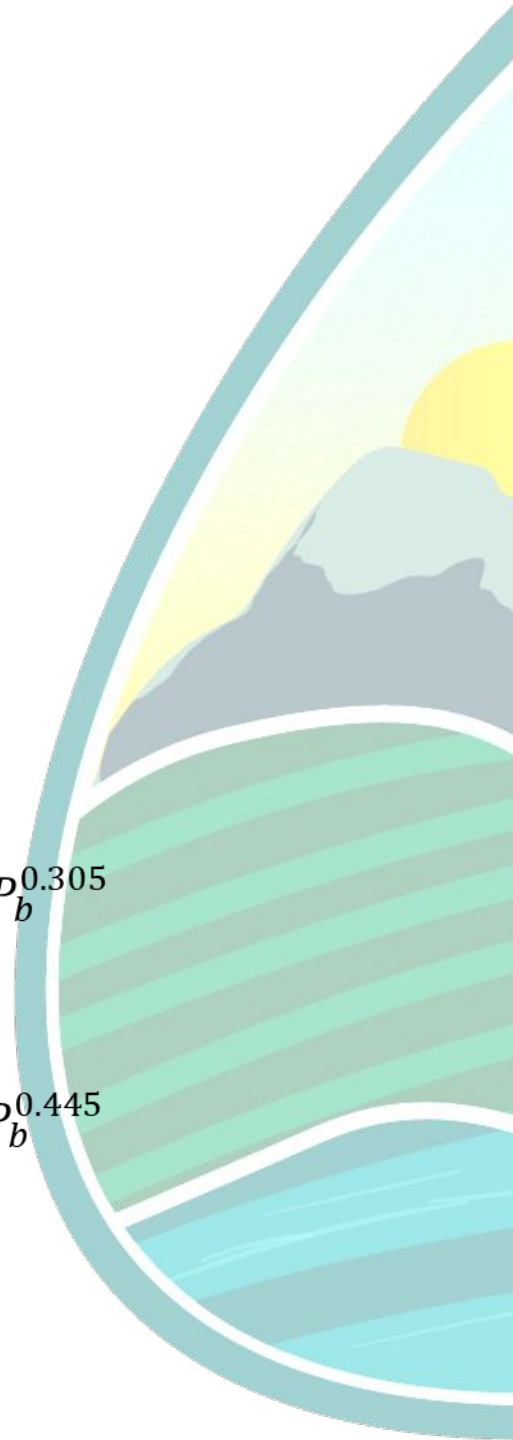
Malek y Peters (2011)



$$d = q^{0.543} k_s^{0.772} t^{0.419} \Delta\theta^{-0.687} P_b^{0.305}$$

$$z = q^{0.398} k_s^{0.208} t^{0.476} \Delta\theta^{-1.253} P_b^{0.445}$$

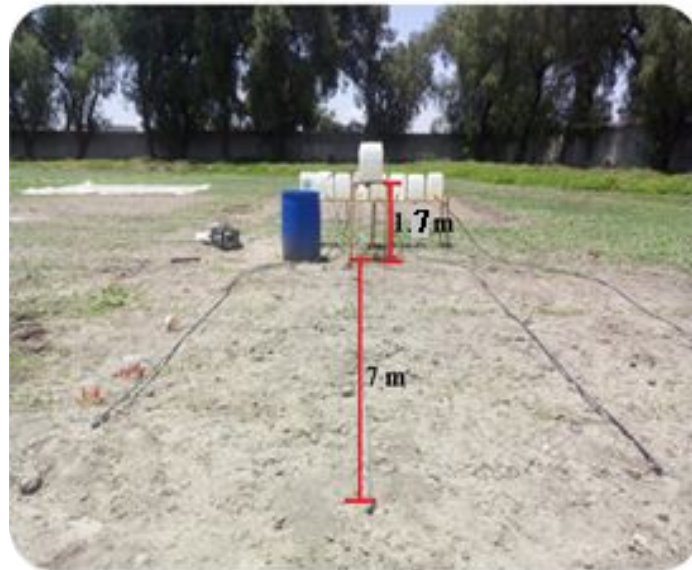
Método Stepwise



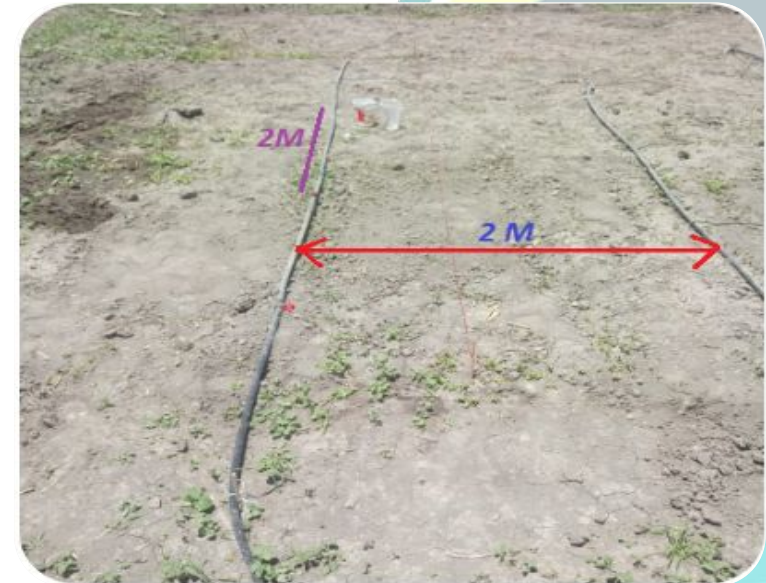
## Diseño Experimental

- SUELO ARCILLOSO Y F. ARENOSO

- 3 – REPETICIONES



0.17 Kg/cm<sup>2</sup>





# Materiales y métodos

FACTORES DE ESTUDIO

Tiempo de riego (h)

- 1/4
- 1/2
- 1
- 1 1/2
- 2 3/4
- 3 1/2
- 5
- 7 1/2

Gasto del emisor (l/h)

- 2
- 4
- 8



# Materiales y métodos

## Variables independientes

- $T$  ;  $Q$  ;  $C_i$  ;  $I_i$  ;  $S_i$  ; D.A. ; H.I ; M.O ;  $\Theta_s$  ;  $\theta_r$  ;  $K_s$  ;  $K_0$  ;  $n$



0-20

20-40

40-60

Estratos



# Materiales y métodos

C:\Archivos de programa\Rosetta\Sample1.mdb - Rosetta

File Record Model Predict View Help

Code 1010 of 564  
UNSODA(lab)  
TXT Class Sandy Loam

	Model Output	Uncertainty	
Theta_r	0.0450	0.0087	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>
Theta_s	0.4405	0.0101	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>
log10(Alpha)	-1.3091	0.0757	log10(1/cm)
log10(N)	0.1437	0.0135	-
log10(Ks)	2.1115	0.1756	log10(cm/day)
log10(Ko)	1.6048	0.2132	log10(cm/day)
L	-1.2989	0.9200	-

Used model: SSCBDTH331500

Textural classes  
% Sand, Silt and Clay (SSC)  
% Sand, Silt, Clay and Bulk Density (BD)  
SSCB+ water content at 33 kPa (TH33)  
 Same + water content at 1500 kPa (TH1500)  
Best possible model

For Help, press F1

C:\Archivos de programa\Rosetta\Sample1.mdb - Rosetta

File Record Model Predict View Help

Code 1010 of 559  
UNSODA(lab)

Input Data	Output Data
Theta_r cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0.0903
Theta_s cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0.5178
Alpha 1/cm	0.0188
n (-)	1.265

Used model: Model C2

	log10(Ko)	L	
log10(Ko)	0.7829	0.2660	log10(cm/day)
L	-1.4588	1.2721	-

For Help, press F1

ROSETTA, versión: 1.2

*Relaciones constitutivas de Van Genuchten (Mualem (1976))*



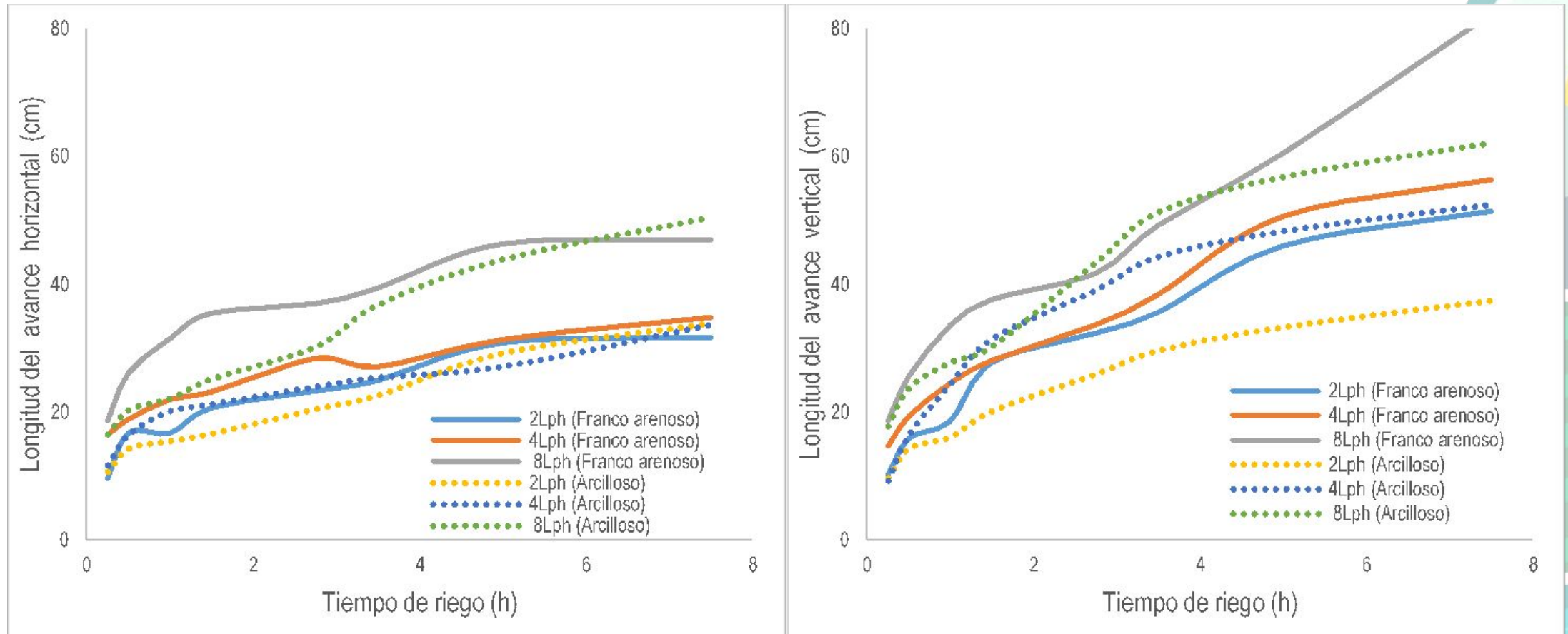
## Variables dependientes



- ❖ Avance radial horizontal ( R )
- ❖ Avance vertical ( Z )



# Materiales y métodos



Avance horizontal y vertical del agua en los suelos con respecto al tiempo de riego, al gasto del emisor y propiedades físico-hidráulicas.



# Resultados y discusiones

$$R = 186.616 T^{0.293} Q^{0.329} C_i^{-0.116}$$

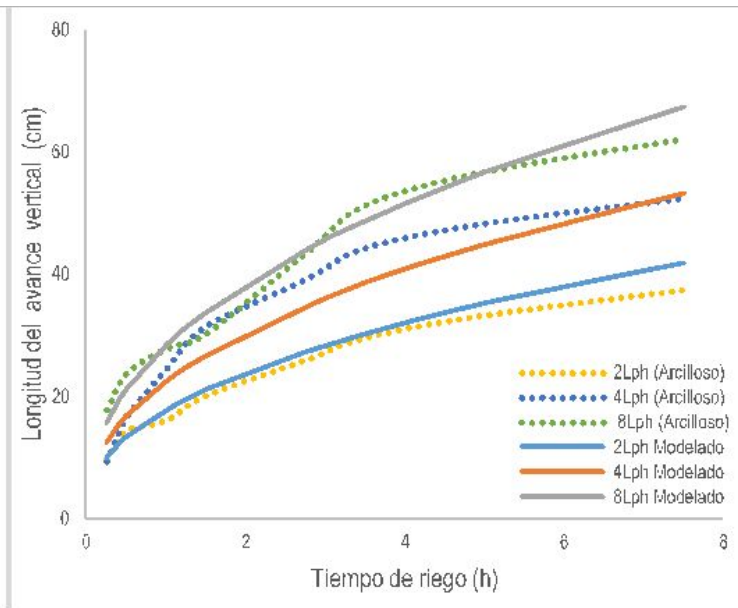
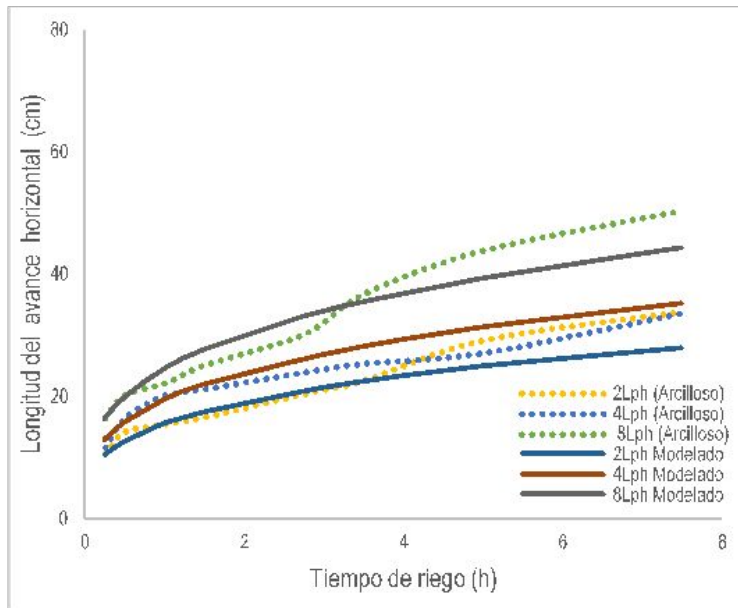
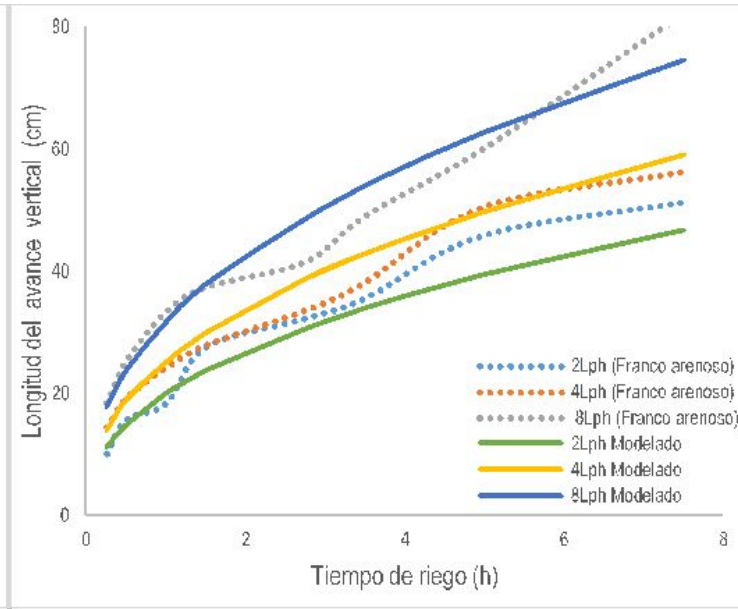
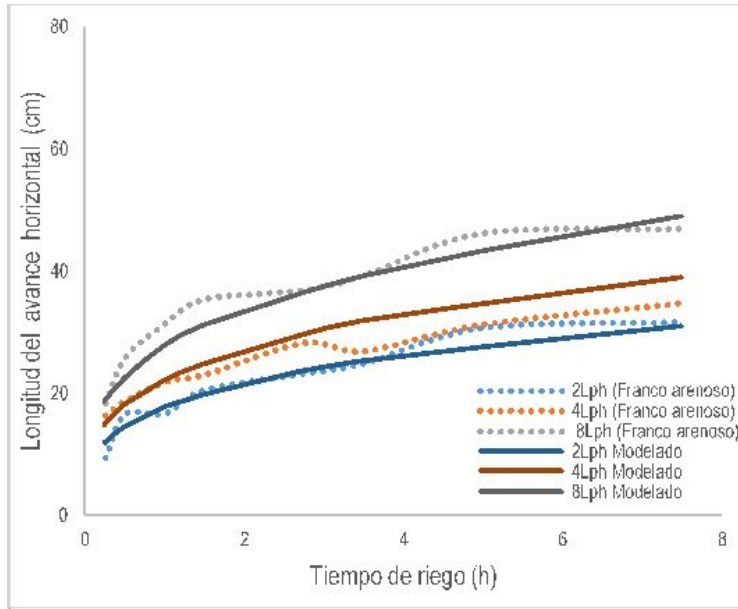
$$Z = 105.860 T^{0.425} Q^{0.336} S_i^{0.101}$$

Variables dependiente	Variables independiente	Prueba t (parciales)	Pr > F	R <sup>2</sup> Adj.
R	T	22.976	<.0001	0.9376
	Q	13.393		
	C <sub>i</sub>	-4.381		
Z	T	32.931	<.0001	0.9646
	Q	13.445		
	S <sub>i</sub>	4.023		

Donde R, avance radial horizontal (cm); Z, avance vertical, (cm); T, tiempo de riego (h); Q, gasto del emisor (cm<sup>3</sup>/h); C<sub>i</sub>, contenido de arcilla (%); S<sub>i</sub>, contenido de arena (%).



# Resultados y discusiones



Avance horizontal y vertical del agua en los suelos medido en campo y modelado con las ecuaciones obtenidas





# Conclusiones

<b>Variables dependiente</b>	<b>Variables independiente</b>	<b>Prueba t (parciales)</b>	<b>Pr &gt; F</b>	<b>R<sup>2</sup> Adj.</b>
R	T	22.976	<.0001	0.9376
	Q	13.393		
	C <sub>i</sub>	-4.381		
Z	T	32.931	<.0001	0.9646
	Q	13.445		
	S <sub>i</sub>	4.023		

con una confiabilidad del 93.7 y 96.4% respectivamente y congruente con las ecuaciones propuestas por Schwartzman y Zur (1986), Amin y Ekhmaj (2006), Malek y Peters (2011), Cruz-Bautista et. al., (2015). La extensión del volumen de suelo húmedo (bulbo de humedad) es función del tiempo de riego, gasto del emisor, contenido de arcilla y de arena en el suelo, éste puede usarse como una opción viable para el diseño de las líneas regantes de un sistema de riego por goteo.





"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



## Sexto Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas

COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



# ¡GRACIAS!

**Arquímedes Santiago López**

**Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo**

✉ [arquimedes\\_s.l@hotmail.com](mailto:arquimedes_s.l@hotmail.com)

