



**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA Y EL MODELO SPAW

**MSc. José Gabriel Vargas G.<sup>1\*</sup> y MSc. Nelys Maribel Escobar A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Programa Ciencias del Agro y del Mar, sub programa Agronomía. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, Vice Rectorado de Producción Agrícola (UNELLEZ-VPA). C.P. 3350, Guanare, estado Portuguesa, Venezuela.

<sup>2</sup>Escuela Técnica Agropecuaria “Oscar Villanueva”, C.P. 3350, Guanare, estado Portuguesa, Venezuela



Fecha de presentación: 05 de octubre 2023



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



**Sonhos**  
universidad personalizada





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



## CONTENIDO DE LA PRESENTACIÓN

# FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA Y EL MODELO SPAW

**MSc. José Gabriel Vargas G. y MSc. Nelys Maribel Escobar A.**



## INTRODUCCIÓN

## OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

## MATERIALES Y METODOS

Aspectos generales de la investigación

Descripción de métodos y componentes esenciales

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La modelación como proceso o método de investigación

Modelos predictivos en la gestión hídrica del suelo

Propiedades Hidráulicas del suelo

Constantes de humedad del suelo

Parámetros del movimiento del agua en el suelo

Relaciones de la textura y la *MO* con las *Pro-Hid* del suelo

Fundamentos para el cálculo de las *Pro-Hid* del suelo

Descripción del modelo *SPAW* versión 6.02.75

Restricciones del modelo *SPAW* versión 6.02.75

## CONCLUSIONES

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Fecha de presentación: 05 de octubre 2023



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



## INTRODUCCIÓN

# INTRODUCCIÓN

Fecha de presentación: 05 de octubre 2023



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



**Sonhos**  
universidad personalizada





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA Y EL MODELO SPAW

## INTRODUCCIÓN

| AUTOR (ES)   | APORTES  |
|--|--|
| Saxton <i>et all.</i> (1986) y Saxton y Rawls (2006) | Mediciones en campo o laboratorio de las <i>Pro-Hid</i> del suelo son difíciles, costosas y a menudo poco prácticas para muchos análisis hidrológicos.   |
| Filgueira <i>et all.</i> (2006)                      | Pueden obtenerse valores representativos del campo sin los problemas aparejados de la toma y transporte de muestras.   |
| Saxton <i>et all.</i> (1986)                         | Estimaciones generales basadas en información fácilmente disponible, como la <i>TEXTURA</i> , serían suficientes (valoración de la curva de humedad característica completa).  |
| Saxton y Rawls (2006)                                | Necesario estimar las características del agua en el suelo para el potencial hídrico ( $\psi_h$ ) y la <i>K</i> , al utilizar variables como la textura, la <i>MO</i> y la estructura, por lo que las correlaciones estadísticas entre éstas variables, proporcionan estimaciones suficientemente precisas |





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA Y EL MODELO SPAW

## INTRODUCCIÓN

| AUTOR (ES)   | APORTES   |
|--|---|
| Saxton <i>et all.</i> (1986)   | La textura determina predominantemente las características de retención de agua de la mayoría de los suelos agrícolas (suele estar disponible o puede estimarse mediante métodos simples (Bouyoucos, 1951)). Propuesta como principal variable de entrada para un método matemático de estimación de las relaciones características del suelo y el agua |
|  | Ecuaciones brindaron una excelente eficiencia computacional para aplicaciones en modelos. Las texturas pueden ser usadas como parámetros de calibración donde se encuentren disponibles datos característicos del agua del suelo en el campo o en el laboratorio.   |
| Rawls <i>et all.</i> (1998)<br>citados por Filgueira <i>et all.</i> (2006) | Usaron datos de textura, densidad aparente ( $D_a$ ) y la pendiente de la curva de retención hídrica para predecir la conductividad hidráulica saturada ( $K_s$ )   |





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA Y EL MODELO SPAW

## INTRODUCCIÓN

| AUTOR (ES)            | APORTES   |
|-----------------------|---|
| Saxton y Rawls (2006) | Desarrollaron nuevas ecuaciones a partir de la base de datos de suelos del <i>Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)</i> , al utilizar solo las variables fácilmente disponibles como Textura y <i>MO</i> . Incluyeron más variables y rangos de aplicación, al combinarlas con las relaciones previamente informadas para las tensiones y conductividades y los efectos de la <i>Da</i> , la grava y la salinidad. |

Actualizar las  
ecuaciones de Saxton  
*et all.* (1986)

Incorporar la ecuación de  
conductividad mejorada de  
Rawls *et all.* (1998)

**MODELO  
PREDICTIVO**

Combinarlos con los  
efectos de la *Da*, la  
grava y la salinidad





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES  
HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA,  
MATERIA ORGÁNICA Y EL  
MODELO SPAW



OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

# OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Vargas y Escobar  
05 de octubre 2023



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES  
HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA,  
MATERIA ORGÁNICA Y EL  
MODELO SPAW



## OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN



**Fundamentar la modelación de las propiedades hidráulicas del suelo a partir de la textura, el contenido de MO y el modelo SPAW como herramienta integradora**



Vargas y Escobar  
05 de octubre 2023



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL







**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES  
HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA,  
MATERIA ORGÁNICA Y EL  
MODELO SPAW

MATERIALES Y MÉTODOS

# MATERIALES Y MÉTODOS

Vargas y Escobar  
05 de octubre 2023



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES  
HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA,  
MATERIA ORGÁNICA Y EL  
MODELO SPAW

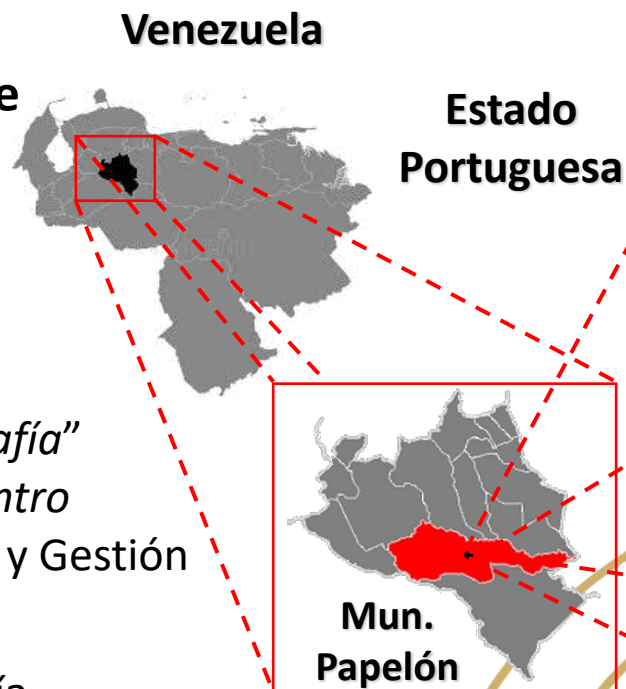
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Aspectos generales de la investigación

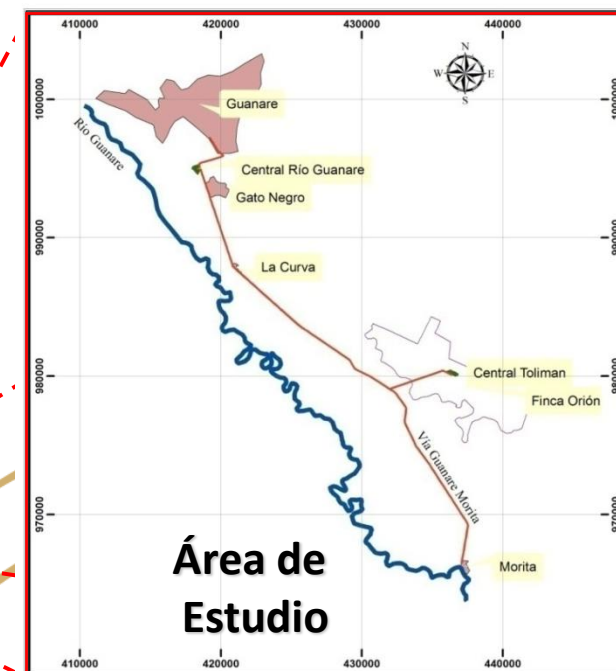
Proyecto: “Estado actual de los sistemas de drenaje superficial y su impacto sobre la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la finca Orión, municipio Papelón, estado Portuguesa”

Grupo de Creación Intelectual “*Cartografía y Topografía*” perteneciente al Centro de Creación Intelectual “*Centro Cartográfico*” del Instituto de Biodiversidad, Conservación y Gestión de Recursos Ambientales “*Oswaldo Barbera*”

Cátedra de “*Drenaje y Riego*” de la carrera Ingeniería Agronómica del (UNELLEZ-VPA)



### Ciudad de Guanare





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES  
HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA,  
MATERIA ORGÁNICA Y EL  
MODELO SPAW

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción de métodos y componentes esenciales



1 Modelación como proceso o método de investigación

2 Modelos predictivos en la gestión hídrica del suelo

3 Pro-Hid del suelo; constantes de humedad y los parámetros del movimiento del agua en el suelo

4 Relaciones de la textura y la MO con las Pro-Hid del suelo

5 Fundamentos para el cálculo de las Pro-Hid del suelo

6 Modelo SPAW (versión 6.02.75) y enfatizar sus restricciones de uso





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES  
HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA,  
MATERIA ORGÁNICA Y EL  
MODELO SPAW

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vargas y Escobar  
05 de octubre 2023



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEII - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### La modelación como proceso o método de investigación

#### Inicio modelos computacionales

“No confiar en ningún modelo hasta que este haya sido validado usando datos independientes”.

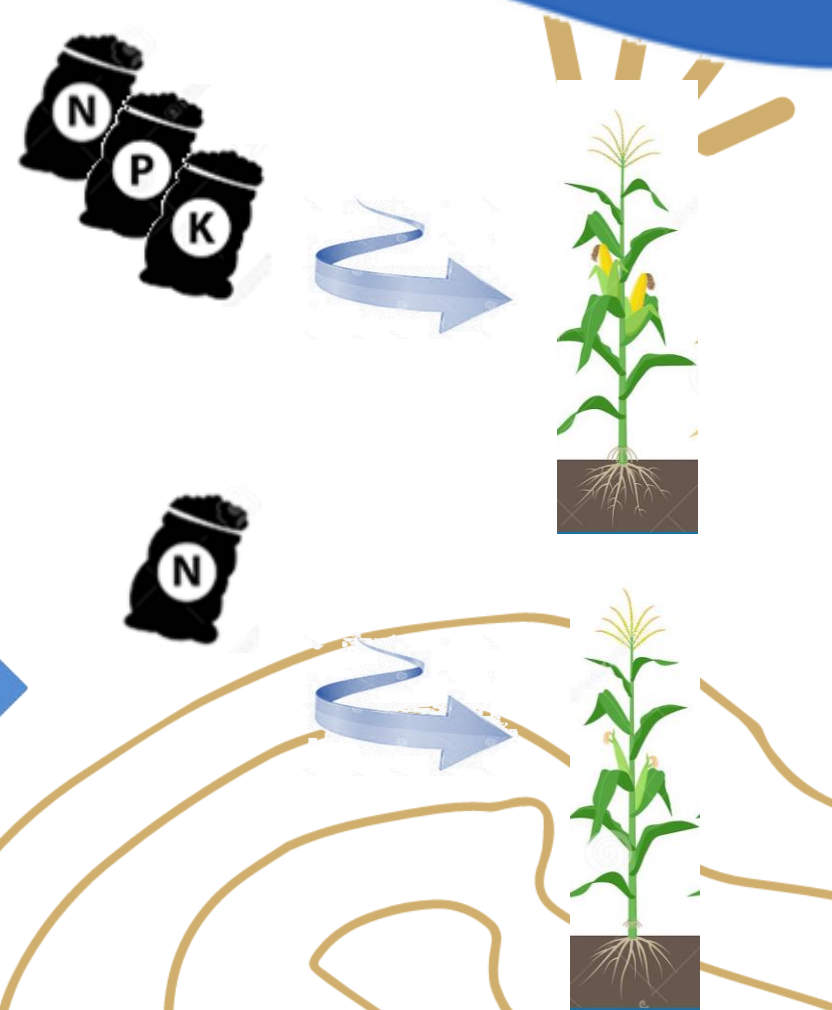
#### En la actualidad

“No confiar en ninguna serie de datos hasta que esta haya sido validada usando un modelo”.

**Allen et al., (1998)**



**González (2016)**



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMIIR - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES  
HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA,  
MATERIA ORGÁNICA Y EL  
MODELO SPAW

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### La modelación como proceso o método de investigación



Valor, oportunidad, ventajas y desventajas

Método innovador de reciente aparición

Permite la creación de realidades virtuales (modelos de la realidad), mediante sistemas computarizados, con el propósito de manipularlas a voluntad para observar su comportamiento o efectos.

Realizar estudios prospectivos al observar las respuestas de variables reinventadas

Morles (2002)





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA Y EL MODELO SPAW

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Modelos predictivos en la gestión hídrica del suelo

Modelos de simulación; herramientas potentes



Complementar los ensayos de campo



Validar las regulaciones establecidas en zonas vulnerables



Analizar diferentes escenarios o estrategias de  
suelo-clima-cultivo-manejo

*Lidón et all., (2011) citados por Fontanet et all. (2022)*



*CropSyst*

*LEACHM*

*HYDRUS*

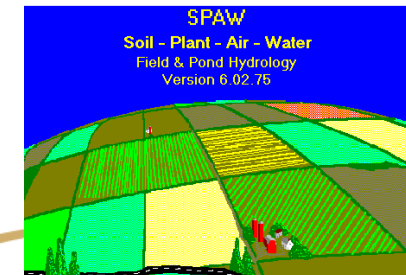
*EU-Rotate\_N*

*HYPROP-FIT*

*Biel-Maeso et all. (2015)  
citados por Real et all. (2016)*

*Schelle et all. (2013)*

*Fontanet et all. (2022)*



**SPAW**





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023

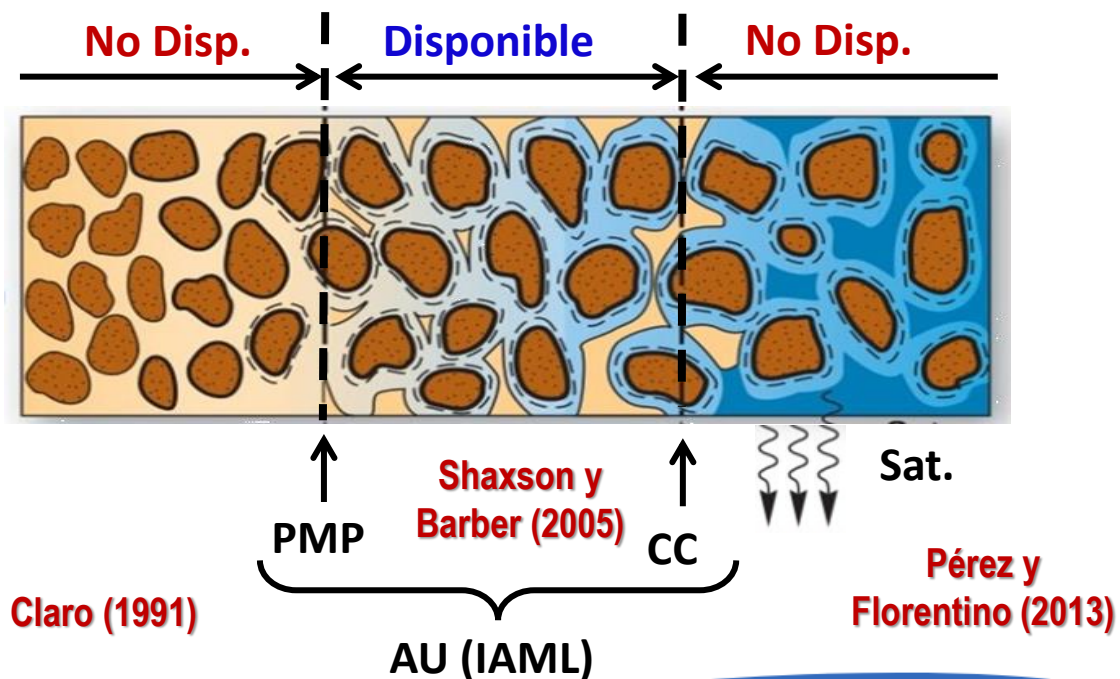


# FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA Y EL MODELO SPAW

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Propiedades Hidráulicas del suelo

Constantes de humedad del suelo



### Estados del Agua

Igros cópica



Gravitacional



Capilar

### CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

$f(x)$

Cont. sal  
Textura  
MO

Copa (2014)



SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL







**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA Y EL MODELO SPAW

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros del movimiento del agua en el suelo

#### Conductividad Hidráulica ( $K$ )

Entender las dinámicas que confluyen en el ciclo hidrológico y en la interacción agua-suelo-planta.

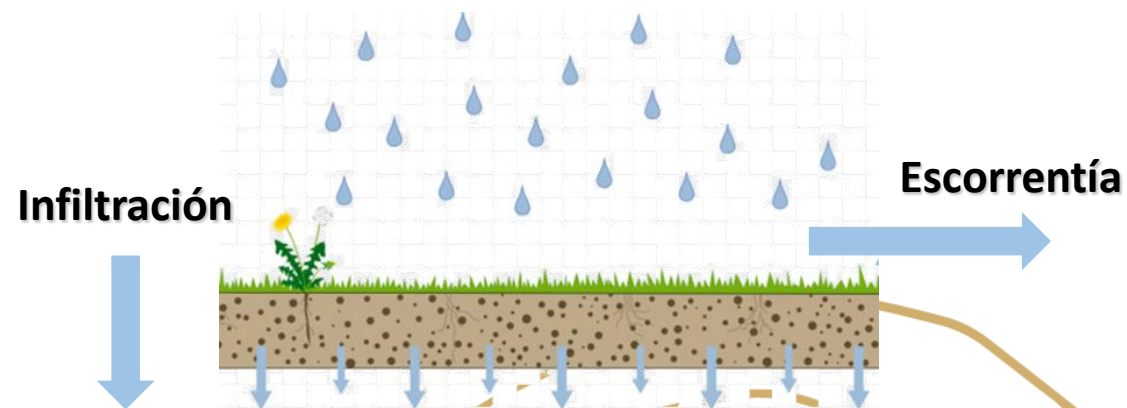
*Deb y Shukla (2012) citados por Castiglioni et al. (2018) y Bermejo et al. (2021)*

- Determinar el movimiento subsuperficial del agua en el suelo en condiciones de saturación
- Influir en el transporte de solutos en el perfil del suelo
- Evidenciar las afectaciones de los ecosistemas debido a las alteraciones por el cambio de coberturas vegetales

*Honda y Durigan (2017) citados por Bermejo et al. (2021)*

Correcta estimación de la  $K$  es importante para poder modelar de manera realista los procesos hidrológicos y de erosión que ocurren en el suelo

*Zimmermann et al. (2013) citados por Castiglioni et al., (2018).*



La  $K$  es requerida por distintos modelos de crecimiento de cultivos y de movimiento de agua en el suelo y para evaluar la calidad física edáfica

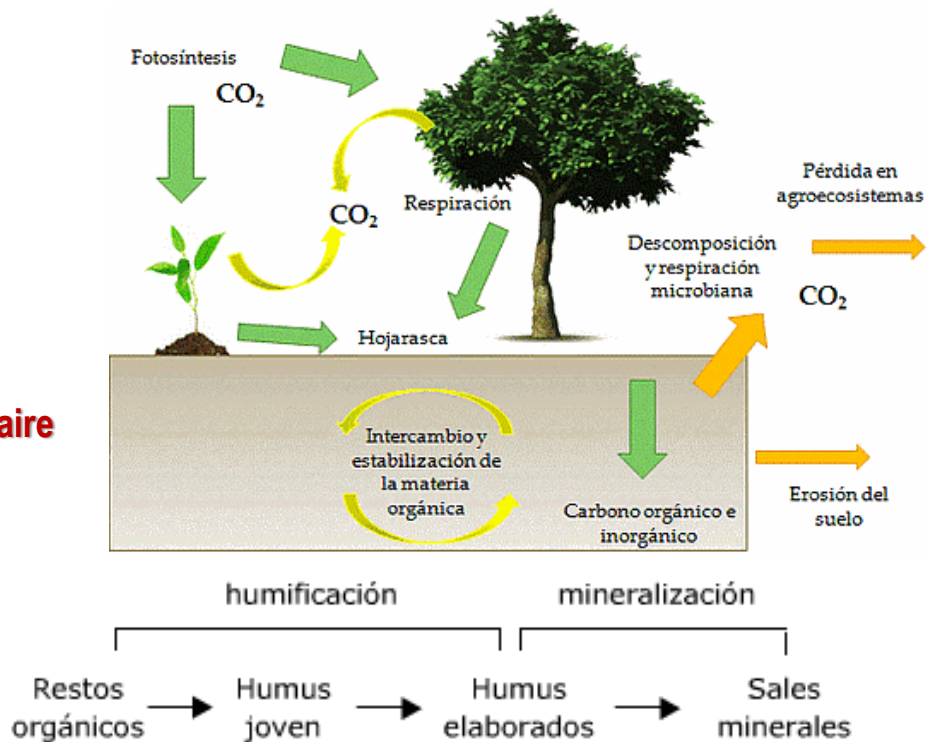
*Gregorich et al. (1993) y Reynolds et al. (2000) citados por Castiglioni et al., (2018)*



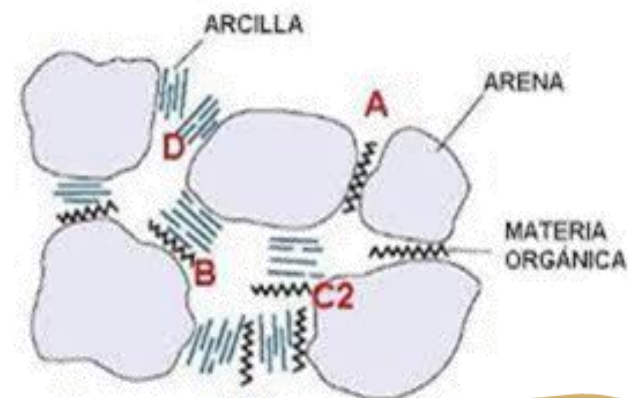
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rel. de la textura y la *MO* con las *Pro-Hid* del suelo

Matus y Maire  
(2000)



### Forma agregados y da estabilidad estructural



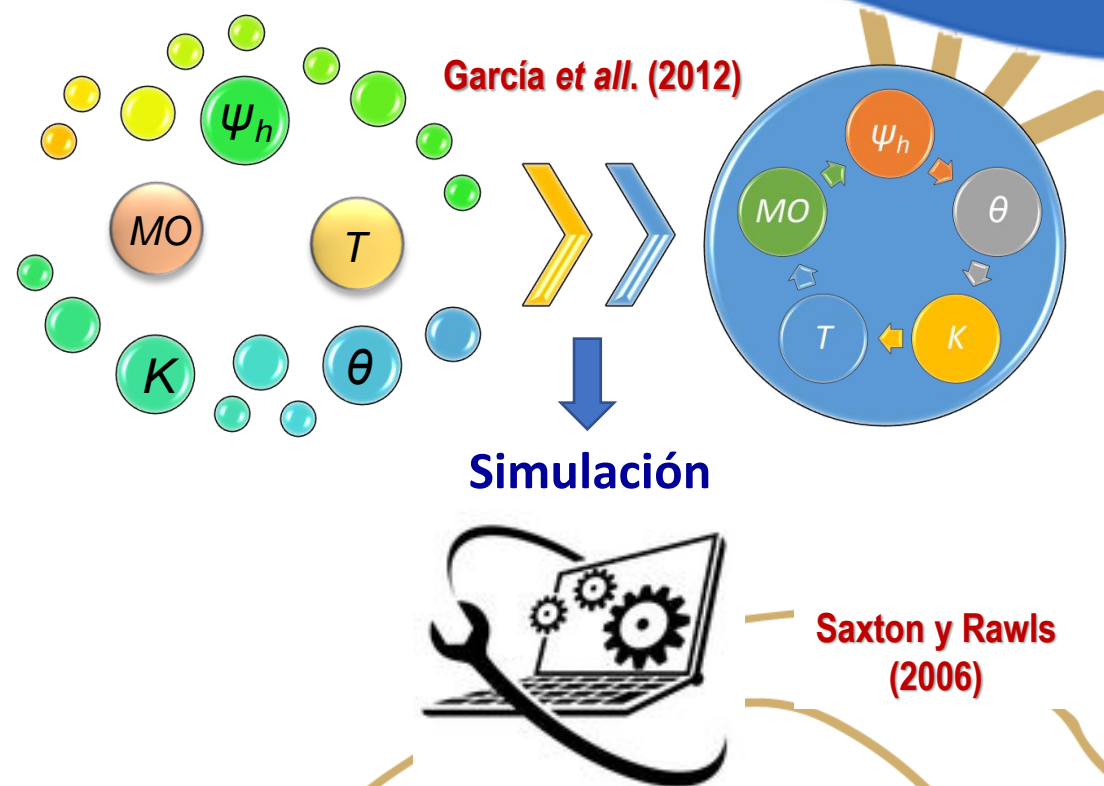
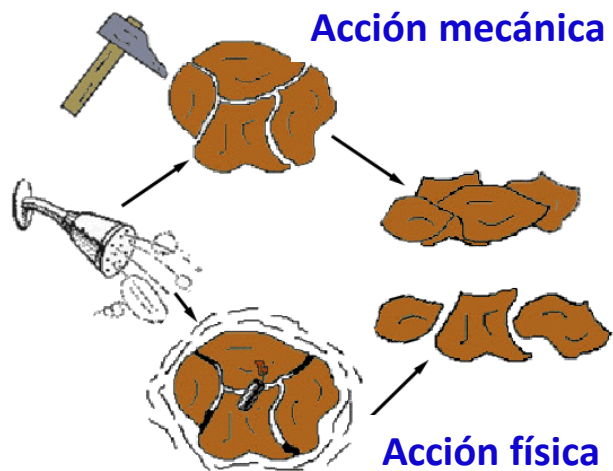
### Complejo de cambio

- ✓ Fav. la pen. del agua y su retención
  - ✓ Fav. el intercambio gaseoso
  - ✓ Dism. la erosión
- Julca et all. (2006)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Fund. para la modelación de las *Pro-Hid* del suelo

**Saxton et al. (1986)** → El  $\psi_h$  y la relación de la  $K$  con el  $\theta$  en el suelo, son necesarios para muchos estudios de las relaciones agua-suelo-plantas, pero la medición de estas relaciones es costosa, difícil y a menudo poco práctica.



- ✓ La simulación de los procesos individuales
  - ✓ La recombinación en el paisaje
  - ✓ Las respuestas de las cuencas

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

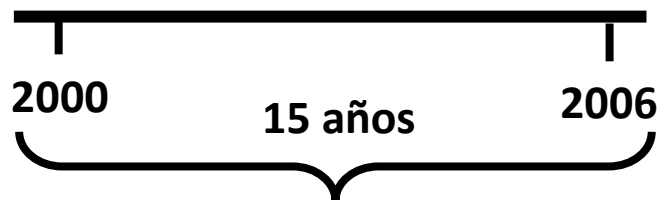
### Fund. para la modelación de las *Pro-Hid* del suelo

#### Suelos Vertisoles



Cerana *et al.* (2005) citados por Barrios y Florentino (2008)

Filgueira *et al.* (2006)



#### MÉTODO

Rápido / Sencillo / Preciso

$$f(x) \triangleright P_{ef} = K_s$$

MODELOS ANALÍTICOS

Funciones de  
Pedotransferencia

Modelos  
Mecanicistas

Zavala *et al.*  
(2018)

Too *et al.* (2014)

Capacidad  
descriptiva

Diersch (2014)

Disponibles en  
Programas



**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA Y EL MODELO SPAW

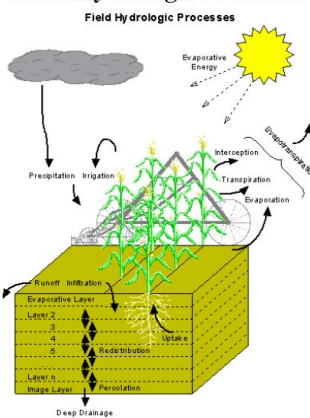
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Descripción del modelo SPAW versión 6.02.75

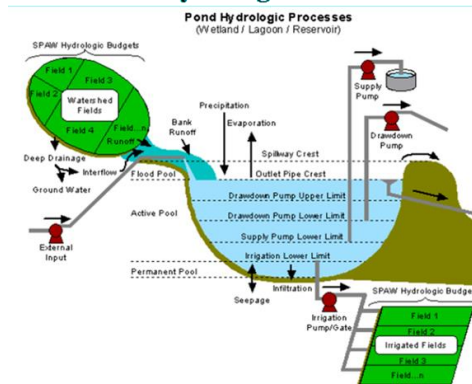
**SPAW**  
**Soil - Plant - Air - Water**  
**Field & Pond Hydrology**  
**Version 6.02.75**

*Saxton et al. (2006)*

#### Field Hydrologic Processes



#### Pond Hydrologic Processes



## SPAW PARA COMPUTADORA ESTIMA

- ✓ Contenidos diarios y movimiento del agua y nutrientes para los suelos de campos agrícolas.
- ✓ Balances diarios de agua para humedales agrícolas, estanques y embalses.

## COMPRENDER Y GESTIONAR:

- ✓ La producción de las plantas
- ✓ La utilización de nutrientes
- ✓ El agua en la agricultura





VIII Congreso Nacional y  
I Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES  
HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA,  
MATERIA ORGÁNICA Y EL  
MODELO SPAW

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Restricciones del modelo SPAW versión 6.02.75

Saxton *et al.* (2006)

Considerados como suelos orgánicos, cuyas características del agua no serían representativas de los suelos minerales típicos.

MO > 8%

Muestras fuera del rango pudieron haber sido el resultado de la labranza o la compactación, lo que las hace diferentes a los suelos naturales.

1,0 > Da > 1,8  
Mg (m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>

Tienen una estructura de poros y efectos mineralógicos diferentes a los que contienen porciones más altas de fracciones de arena o limo.

A > 60%





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES  
HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA,  
MATERIA ORGÁNICA Y EL  
MODELO SPAW

## CONCLUSIONES

# CONCLUSIONES

Vargas y Escobar  
05 de octubre 2023



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



Sonhos  
universidad personalizada





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMIIR - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA Y EL MODELO SPAW

## CONCLUSIONES

La modelación de procesos de las relaciones agua-suelo-planta en la gestión del recurso hídrico del suelo y manejo de cultivos mediante modelos informáticos, es un procedimiento o método generalmente válido para resolver problemas relacionados con estos, al poseer un valor útil y representar una oportunidad actual para el análisis.

El modelo *SPAW* está fundamentado en el desarrollo e incorporación de modelos analíticos (funciones de pedotransferencia y/o mecanicistas) desarrollados previamente

El conocimiento y cálculo de las *Pro-Hid* del suelo proporcionan información acerca de cómo se comporta el agua en el suelo. Esto permite conocer las relaciones entre los parámetros implicados (curva de retención de humedad y la *K*) y su dependencia del manejo agrícola realizado.

El programa *SPAW* limita los análisis a aquellos suelos cuyos valores sean inferiores al 8 y 60% del contenido de *MO* y del contenido de arcilla, respectivamente, además de los suelos con un valor de *Da* de entre 1,0 y 1,8 Mg (m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>.







**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES  
HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA,  
MATERIA ORGÁNICA Y EL  
MODELO SPAW

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

# BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Vargas y Escobar  
05 de octubre 2023



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA Y EL MODELO SPAW

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. (2006). *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements* (First ed.). Roma: FAO, Irrigation and Drenaje Paper N° 56.
- Arrieche, I., Ruíz, M., Carrillo, C., León, M., Aular, L., Mora, R., Castillo, L., Tovar, M., Martínez, A., Díaz, T., Baptista, H., Cruz, J., Reveron, A., Silva, C., Alfonzo, N. (2013). Unificación de criterios para la determinación de la materia orgánica del suelo. Estudio interlaboratorio. *Revista Venesuelos*, 21, 33-42.
- Barrios, R. y Florentino, A. (2008). Propiedades hidráulicas de dos suelos subirrigados cultivados con Palmaaceitera en el estado Monagas, Venezuela. *Revista Agronomía Tropical*, 58(2), 155-162.
- Bermejo, L., García, A. y Soler, L. (2021). Influencia de la vegetación en la conductividad hidráulica en tres tipos de coberturas forestales. *Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 42(2), 52-60.
- Bravo, S. (2000). *Aspectos básicos de química de suelos*. Barinas, Venezuela: Colección Ciencia y Tecnología, Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora.
- Castiglion, M., Kraemer, F. y Marquez, J. (2018). Conductividad hidráulica saturada determinada por distintos procedimientos en suelos con alta humedad inicial. *Revista Ciencia del Suelo (Argentina)*, 36(2), 158-169.
- Claro, F. (1991). *Balance hídrico*. Instituto colombiano de hidrología, meteorología y adecuación de tierras (HIMAT), Santa fe de Bogotá. Pp. 34.
- Copa, R. (2014). *Propiedades hidrofísicas y químicas del suelo para el mejoramiento del sistema de riego y su uso sostenible*. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Unidad de Postgrado, Maestría en Ingeniería de Riego, La Paz, Bolivia.





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA Y EL MODELO SPAW

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Dexter, A., Czyz, E., Birkás, M., Díaz, E., Dumitru, E., Enache, R., Fleige, H., Horn, R., Rajkaj, K., de la Rosa, D. y Simota, C. (2005). SIDASS project Part 3. The optimum and the range of water content for tillage – further developments. *Journal Soil & Tillage Research*, 82, 29-37.
- Feike, L., William, A., Martinus, v. G. y Williams, J. (1986). The UNSODA Unsaturated Soil Hydraulic Database User's Manual Version 1.0. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati: Ohio 45268.
- Filgueira, R., Soracco, C., Sarli, G. y Fournier, L. (2006). Estimación de propiedades hidráulicas de suelos por mediciones a campo y el uso de modelos de flujo estacionario y transitorio. *Revista Ciencia del Suelo*, 24(1).
- Fontanet, M., Rodrigo, G., Arbat, G., Marsal, J. y Ferrer, F. (2022). Nuevos métodos experimentales para la obtención de los parámetros hidráulicos del suelo utilizados en modelos de simulación del movimiento de agua y la lixiviación de nitratos. *Acta de Horticultura Nº 66, V jornadas del grupo de fertilización SECH*, (págs. 200-205).
- García, Y., Ramírez, W. y Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Revista Pastos y Forrajes*, 35(2), 125-138.
- González, W. (2016). La modelación como competencia en la formación del profesional informático. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 10(2), 59-71.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R. y Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Revista Idesia*, 24(1), 49-61.





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA Y EL MODELO SPAW

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Matus, F. y Maire, C. (2000). Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. *Revista Agricultura Técnica*, 60(2), 112-126.
- Morles, V. (2002). Sobre la metodología como ciencia y el método científico: un espacio polémico. *Revista de Pedagogía*, 23(66), 121-146.
- Pérez, M. y Florentino, A. (2013). Intervalo de agua menos limitante en función de propiedades del suelo. *Revista Venesuelos*, 21, 43-60.
- Real, M., Bosch-Serra, À. y Lidón, A. (2016). *Caracterización hidráulica del suelo: implicaciones agronómicas y ambientales*. Recuperado el 02 de agosto de 2023, de Interempresas: Plataforma multisectorial de información especializada para empresas y profesionales: <https://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/163820-Characterizacion-hidraulica-del-suelo-implicaciones-agronomicas-y-ambientales.html>
- Sanchez, B., Ruiz, M. y Rios, M. (2005). Sanchez, B. Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. *Revista Agronomía Tropical*, 55(4), 507-534.
- Saxton, K. E. y Rawls, W. J. (2006). Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions.
- Saxton, K., Rawls, W., Romberger, J. S. y Papendick, R. I. (1986). Estimating generalized soil water characteristics from texture. *Trans. Amer. Soc. Agri. Engr.*, 50(4), 1031-1035.
- Saxton, K., Willey, P. y Rawls, W. (2006). *The SPAW Model for Agricultural Field and Pond Hydrologic Simulation*. (Editors, & C. Press, Edits.) Chapter 17 in: *Mathematical Modeling of Watershed Hydrology*, V. P. Singh and D. Frevert. 401-435.





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA Y EL MODELO SPAW

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Shaxson, F. y Barber, R. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. El significado de la porosidad del suelo*. Roma: Boletín de suelos de la FAO, número 79. Servicio de Manejo de las Tierras y de la Nutrición de Plantas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Zavala, M., Saucedo, H. y Fuentes, C. (2018). Modelos analíticos fractales para las propiedades hidráulicas de suelos no saturados. *Revista Agrociencia*, 52, 1059-1070.





**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



FUNDAMENTOS PARA MODELACION DE LAS PROPIEDADES  
HIDRAULICAS DEL SUELO A PARTIR DE TEXTURA,  
MATERIA ORGÁNICA Y EL  
MODELO SPAW

FIN DE LA PRESENTACIÓN

*Recordemos que...*

“Existe una simulación de la inteligencia, como hay una simulación de la virtud.”

Remy de Gourmont (1858–1915)  
Escritor francés

*¡Gracias por su atención!*

Vargas y Escobar  
05 de octubre 2023



AGRICULTURA  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

