



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



## Sexto Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas

COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



# SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO EN EL CULTIVO DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) CON RIEGO POR GOTEO

Luciano Velázquez Vázquez; Juan Manuel Barrios Díaz; Benjamín Barrios Díaz;

Fabiel Vázquez Cruz; Guillermo Jesuita Pérez Marroquín; Pablo Zaldivar  
Martínez



Fecha de presentación del 09 al 11 de junio de 2021





# Introducción

En el manejo de los cultivos intensivos, monitorear el contenido de agua en el suelo es esencial.

- Optimiza la producción
- Conserva agua
- Reduce impactos ambientales
- Ahorra recursos económicos.
- Define la programación del riego
- Evita pérdidas de agua (percolación y/o escurrimiento)
- Evita aplicar cantidad insuficiente de agua

El riego en exceso

- Incrementa consumo de energía
- Eleva costos de agua
- Aumenta el movimiento de fertilizantes por debajo de la zona radicular
- Produce erosión

El riego insuficiente

- Reduce la producción de las cosechas





## Riego por goteo tecnificado

- Distribuye homogéneamente el agua en la parcela de cultivo
- Pone a disposición de las plantas el agua necesaria para su desarrollo y producción

## Tecnología para definir la programación del riego

- Sensores (humedad del suelo, condiciones atmosféricas, estado de la planta, etc.) que potencializan las ventajas del riego por goteo en en cultivos de alto valor económico como la cebolla

## En el cultivo de cebolla

- Manejo de fertilizantes
- Menor uso de agua
- Mejor control de plagas y malezas
- Mayor tamaño y uniformidad de bulbo
- Rendimiento comercial





## Cultivo de cebolla

- Segunda hortaliza más cultivada del mundo
- Quinta más importante en el territorio mexicano con 48,801 ha (SIAP, 2020).

## Problemática ambiental que limitan la productividad del cultivo

- Disponibilidad de agua
- Inundaciones
- Aumento de la temperatura
- Salinidad

**El cultivo de la cebolla es más sensible al estrés hídrico durante la formación y crecimiento del bulbo que durante la etapa vegetativa**

### **IMPORTANTE**

**El riego por goteo y monitoreo continuo de la humedad del suelo**





## Estadísticas de producción de cebolla blanca bajo riego en México. Año agrícola 2020.

No.	Entidad	Sup. sembrada (ha)	Sup. cosechada (ha)	Sup. siniestrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Precio medio rural (\$/t)	Valor de la producción (miles de \$)
1	Chihuahua	6,061.0	5,941.0	120.0	323,721.4	54.5	3,016.0	976,334.0
2	Guanajuato	5,586.0	5,586.0	0.0	181,698.1	32.5	6,105.1	1,109,289.0
3	Zacatecas	4,078.0	4,065.0	13.0	168,658.9	41.5	2,601.1	438,689.5
4	Puebla	3,411.2	3,411.2	0.0	75,429.9	22.1	5,920.8	446,606.0
5	Tamaulipas	2,991.0	2,991.0	0.0	96,513.3	32.3	10,565.6	1,019,717.2
6	Morelos	2,657.7	2,657.7	0.0	75,327.8	28.3	7,322.3	551,575.8
7	Michoacán	2,436.9	2,436.9	0.0	80,868.8	33.2	5,451.7	440,870.8
8	Jalisco	1,661.4	1,661.4	0.0	51,422.4	31.0	6,997.3	359,819.4
9	Sinaloa	1,498.9	1,498.9	0.0	35,534.0	23.7	5,636.1	200,272.2
10	San Luis Potosí	1,281.0	1,281.0	0.0	63,887.4	49.9	4,663.1	297,914.4
Total nacional		35,216.1	35,063.1	153.0	1,254,281.5	35.8	5,063.6	6,351,204.2



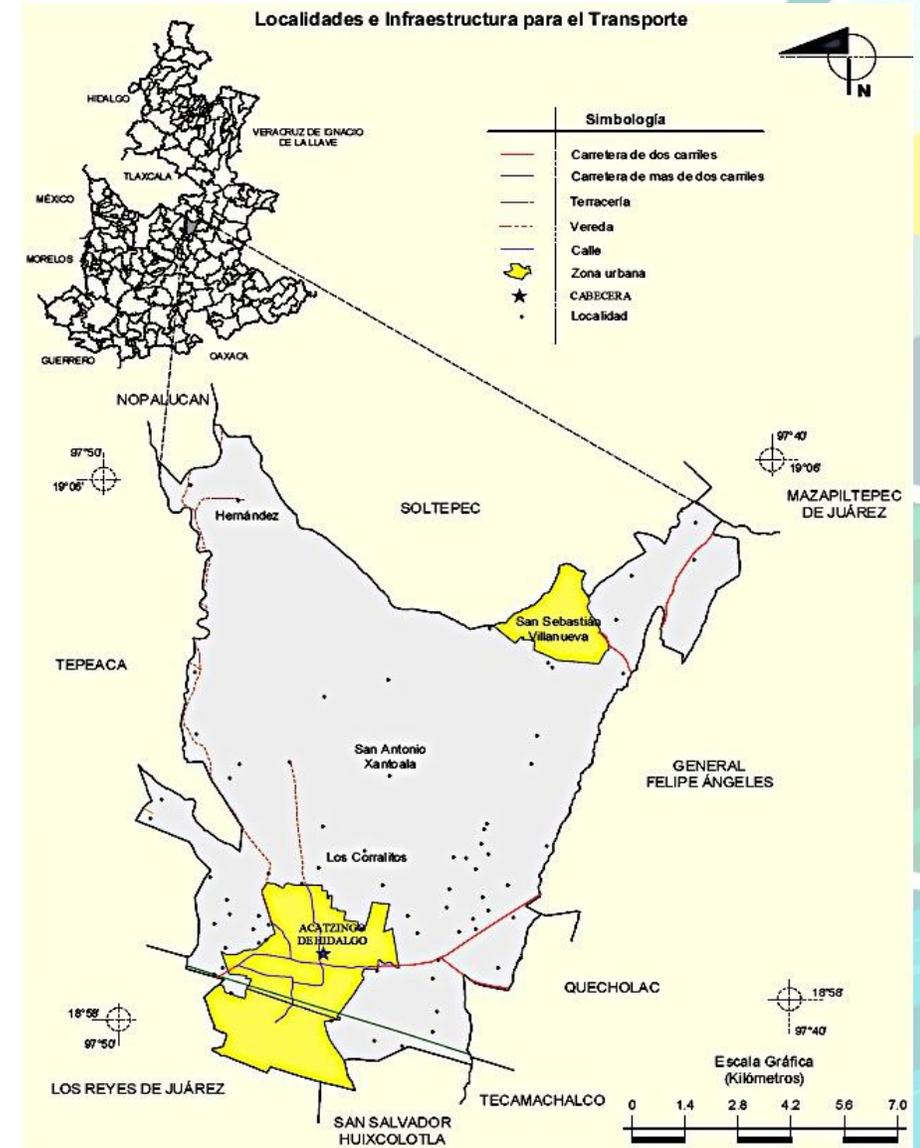
# Objetivo

Evaluar la respuesta del sensor de resistividad de bajo costo Grove SEN92355P<sup>®</sup> y compararlo con el sensor de matriz granular WATERMARK<sup>®</sup> 200SS, para monitorear la humedad del suelo en el cultivo de cebolla con riego por goteo, en el municipio de Acatzingo de Hidalgo, Puebla, México.



## Localización del sitio experimental

- Lugar: Acatzingo de Hidalgo, Puebla
- Latitud: 18° 57' a 19° 07' N
- Longitud: 97° 40' a 97° 49' W
- Clima: templado subhúmedo con lluvias en verano
- Temperatura media anual: 12 a 18° C
- Precipitación anual: 600 a 900 mm
- Altitud: 2,200 msnm





## Características fisicoquímicas para el suelo del sitio experimental

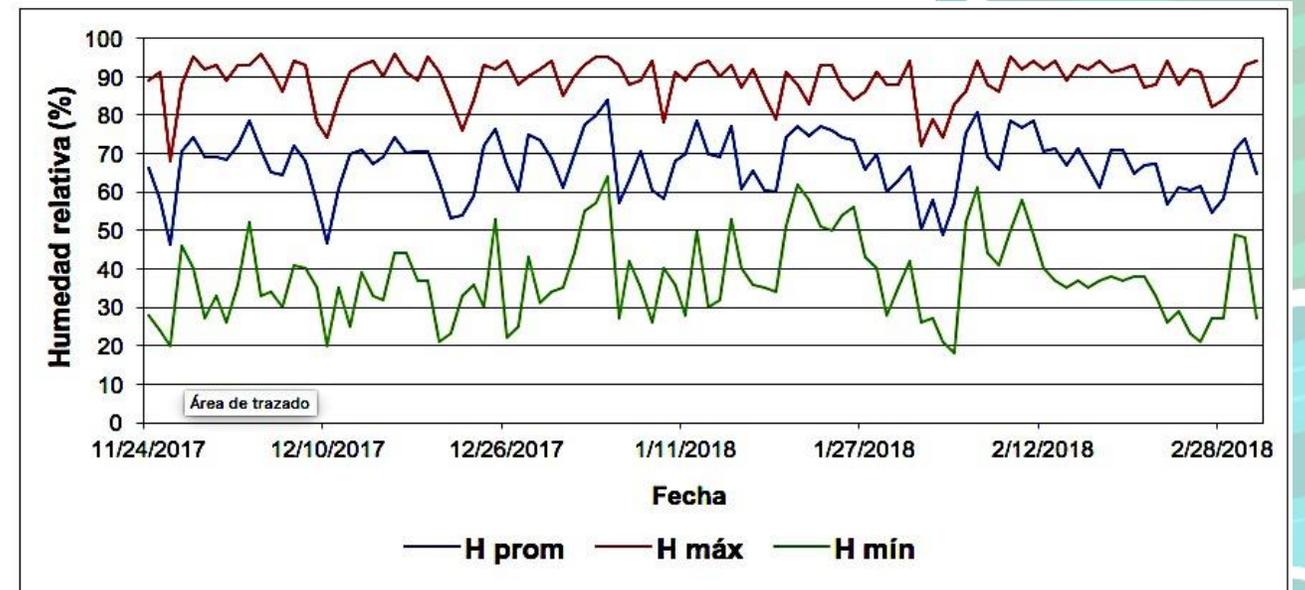
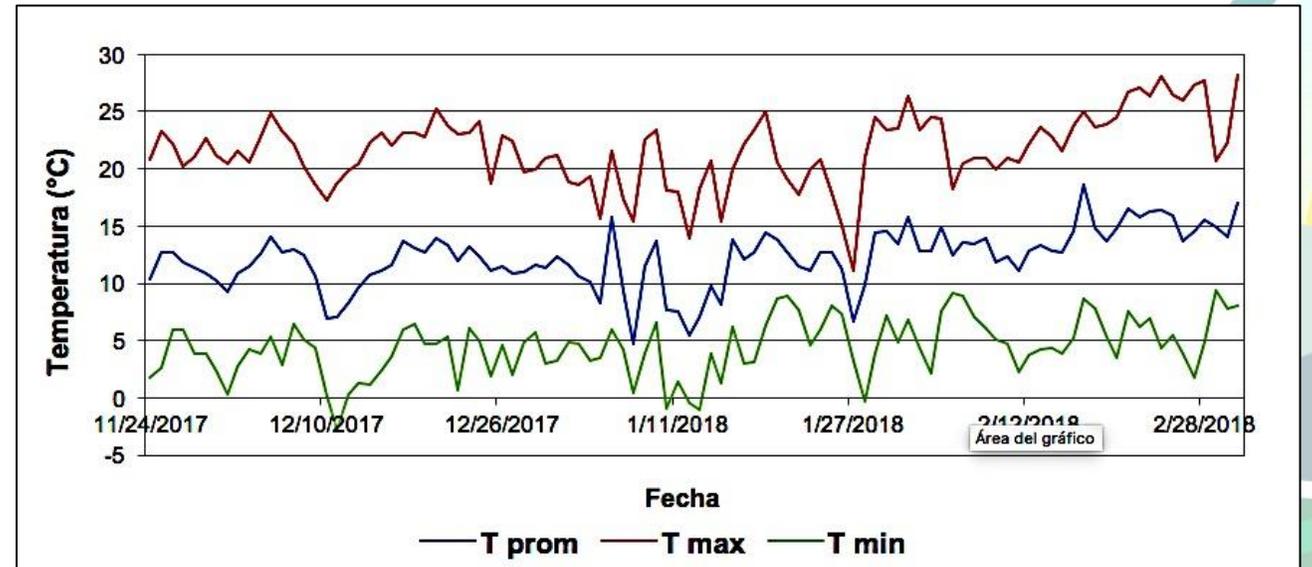
Determinación	Resultado
Textura	Franco arenoso (74.4 % arena, 10.4 % limo y 15.2 % arcilla)
Da	1.31 g cm <sup>-3</sup>
CC	18 %.
PMP	10 %
pH	7.2 en relación agua-suelo 2:1
CE	3.3 dS m <sup>-1</sup> en extracto de saturación
CIC	23 cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>

# Condiciones climáticas de temperatura y humedad relativa del sitio experimental

- Fluctuación de T prom:  
10 a 15 °C



Fluctuación de HR prom:  
60 a 70 %





# Material vegetal

## Cebolla blanca cv. Cirrus (Seminis®)

Brinda alta productividad en zonas con altas temperaturas y largos periodos de luz, bien adaptada a las zonas del noroeste y centro de México.

### Características:

- Día corto y maduración temprana
- Hojas: 85 cm de longitud y color verde intenso
- Número de hojas: 9 a 11 de forma erecta
- Madurez fisiológica: 140 a 155 días
- Bulbo: grande en forma de globo
- Tolerancia a verdeo: alta
- Color: blanco brillante
- Tamaño promedio: 3.75 a 4.0 pulgadas

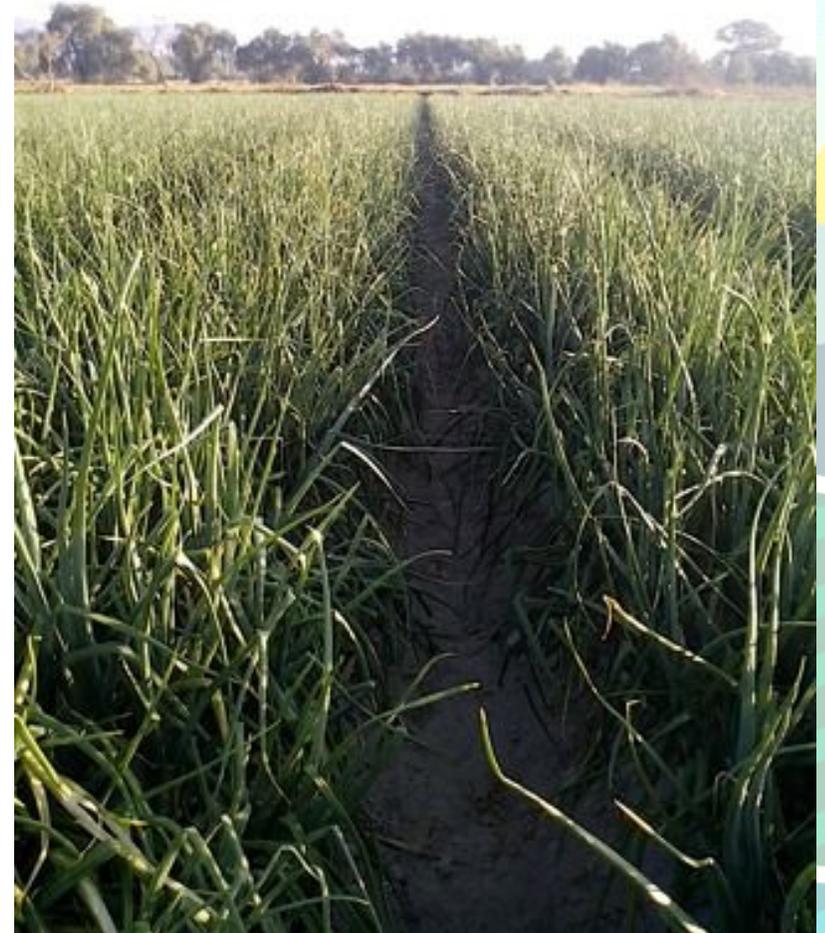




# Manejo agronómico del cultivo

## Marco de plantación

- Distancia entre hileras: 0.10 m
- Distancia entre plantas: 0.10 m
- Número de hileras: 6
- Densidad de población: 430,000 plantas ha<sup>-1</sup>





# Manejo agronómico del cultivo

## Sistema de riego

- Bomba hidráulica accionada por un motor a diesel de 15 HP
- Filtros de malla de 120 mesh.
- La línea principal y secundaria con manguera lay-flat de 3.0 pulgadas.





# Manejo agronómico del cultivo

## Cama de cultivo

- Abastecida con tres cintillas de goteo (Toro<sup>®</sup>)
- Una cintilla entre dos hileras de plantas.

## Cintilla de riego

- Diámetro: 16 mm
- Espesor: 0.2 mm (Calibre 8,000)
- Separación entre emisores: 0.2 m
- Caudal: 1.0 L h<sup>-1</sup>
- Presión operación: 0.55 bar.



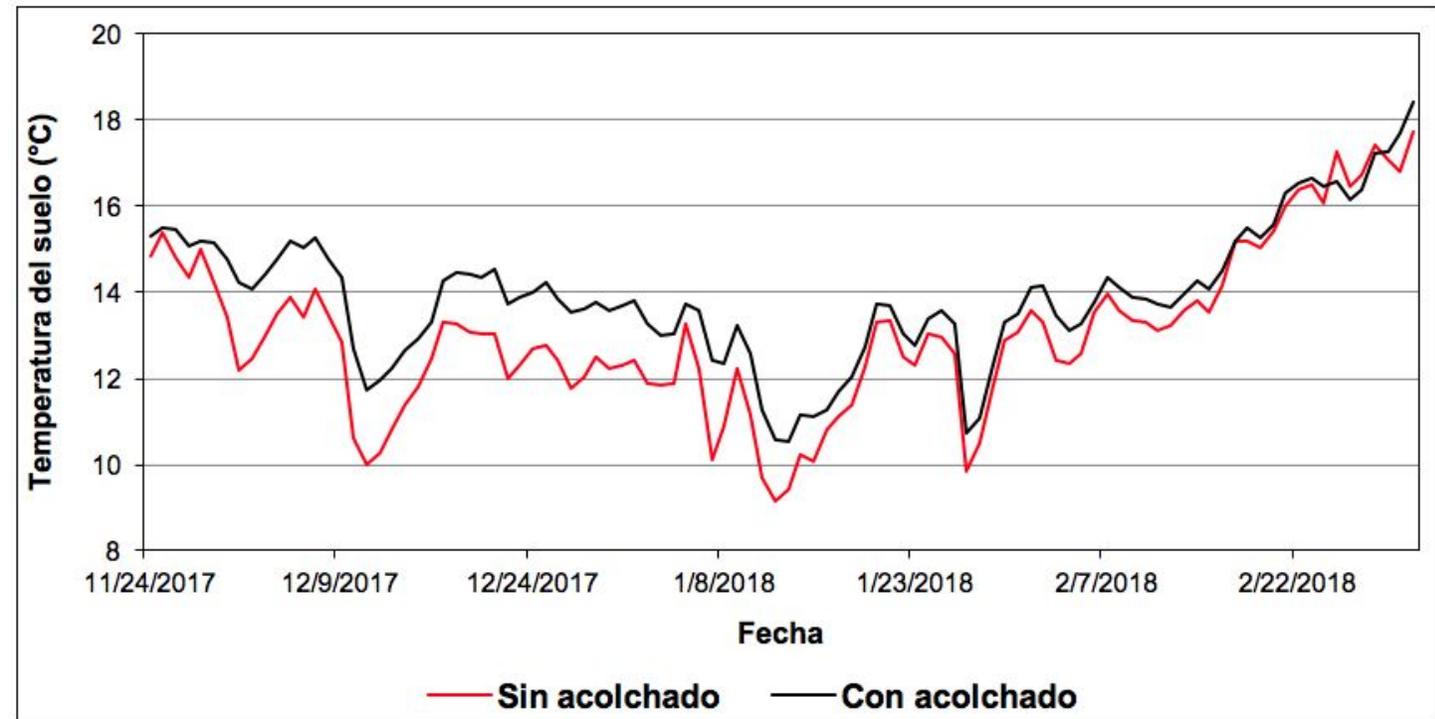
# Manejo agronómico del cultivo

## Acolchado plástico:

- Ancho: 1.4 m
- Color: negro-plata



## Temperatura del suelo por efecto de utilización de acolchado plástico en el cultivo de cebolla





## Control fitosanitario:

- De acuerdo a las prácticas de manejo que realizan los productores de la región.





# Manejo agronómico del cultivo

## Fertirrigación del cultivo

- Meta de rendimiento: 110 t ha<sup>-1</sup>
- Base de cálculo: análisis de fertilidad de suelo de laboratorio comercial
- Aplicación de micronutrientes: con base a comportamiento del cultivo



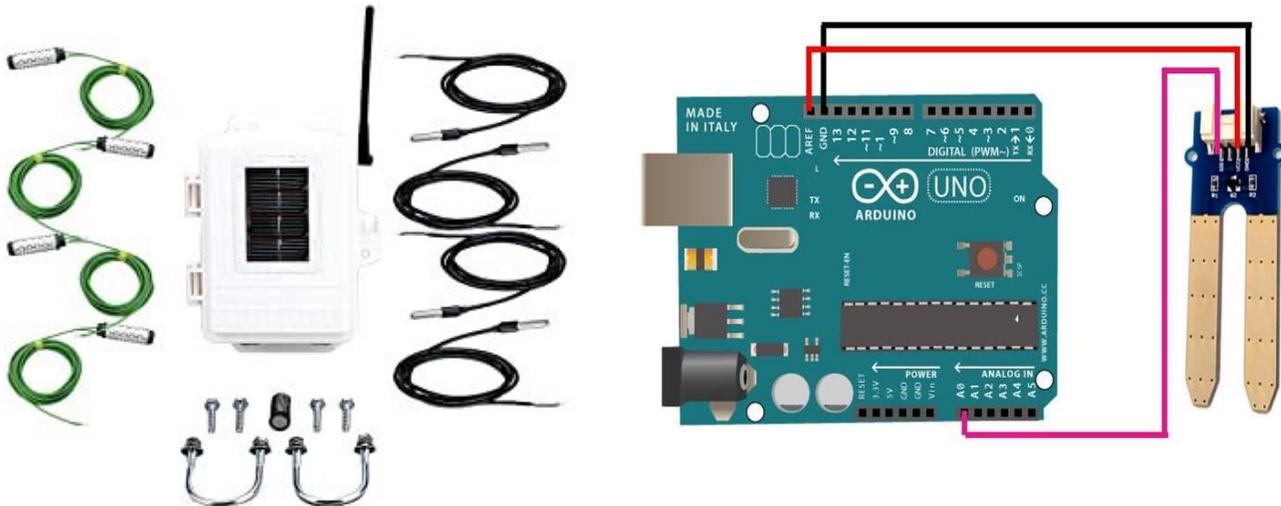
Unidad fertilizante	Cantidad aplicada (kg ha <sup>-1</sup> )
N	155
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	70
K <sub>2</sub> O	240
CaO	95
MgO	40

# Descripción de los tratamientos

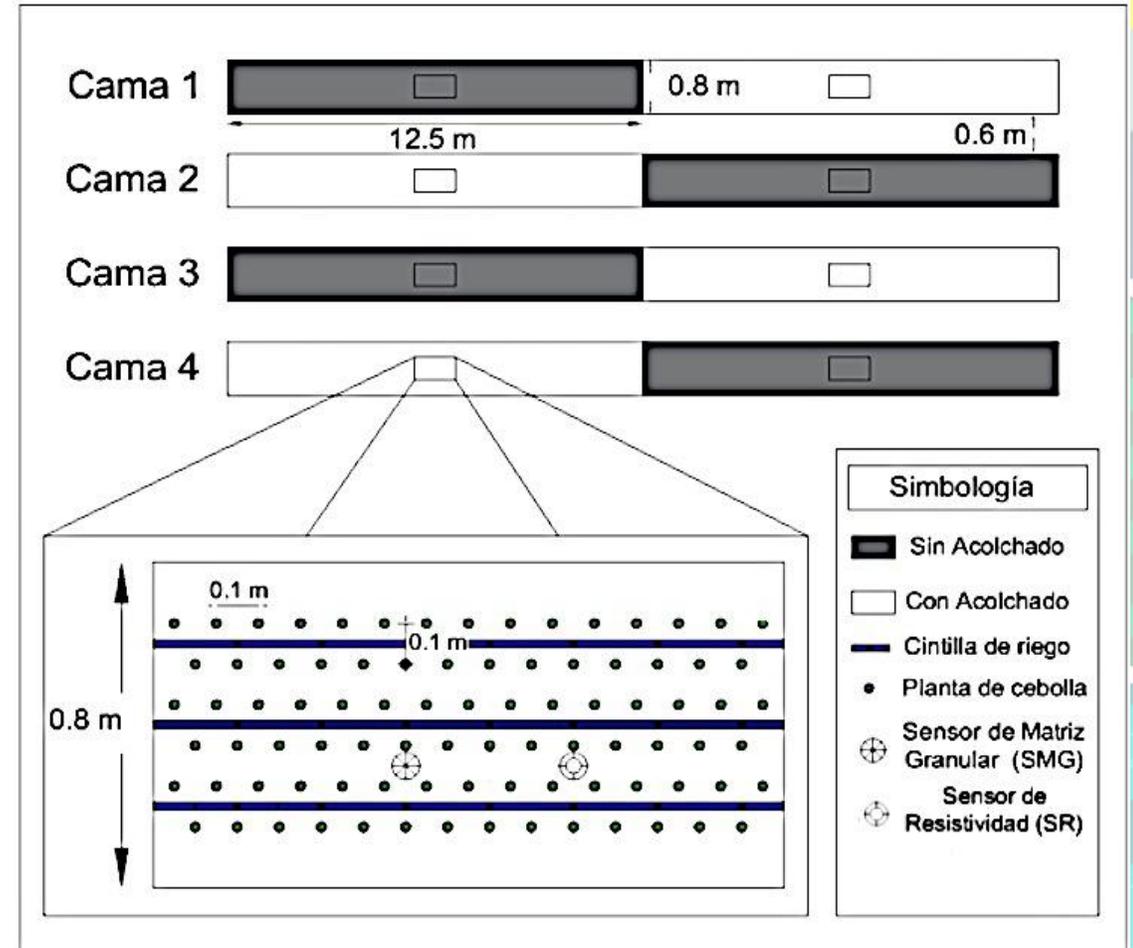
Respuesta de los sensores medida en condiciones de humedad impuesta por riego por goteo y efecto del acolchado plástico.

## Sensores evaluados:

- Sensores de matriz granular WATERMARK<sup>®</sup> 200SS
- Sensores de resistividad Grove SEN92355P<sup>®</sup>



Distribución de las estaciones de monitoreo con sensores de matriz granular y de resistividad en cada tratamiento del sitio experimental.



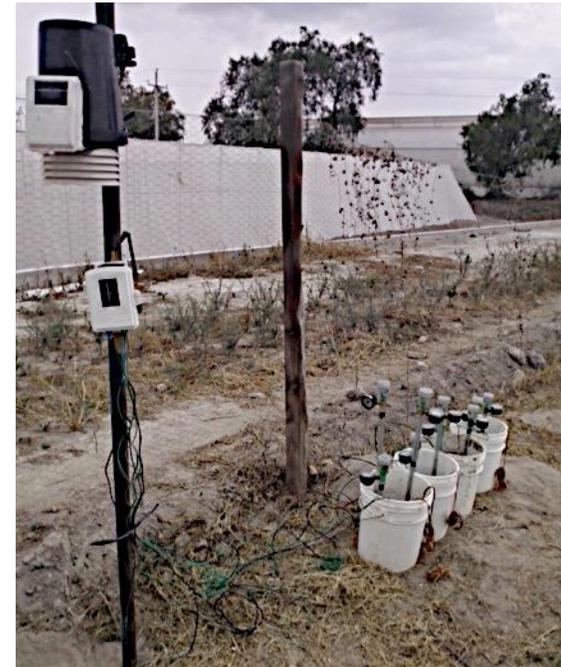
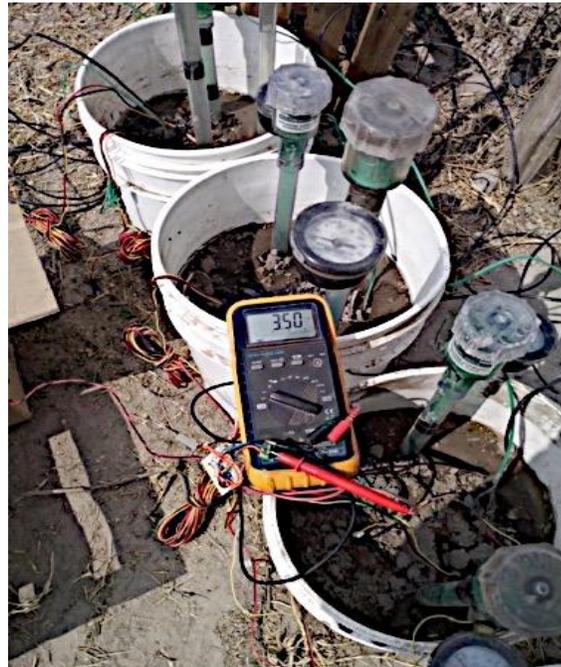


# Ensayo previo al experimento

Duración: 19 días

Suelo: franco-arenoso

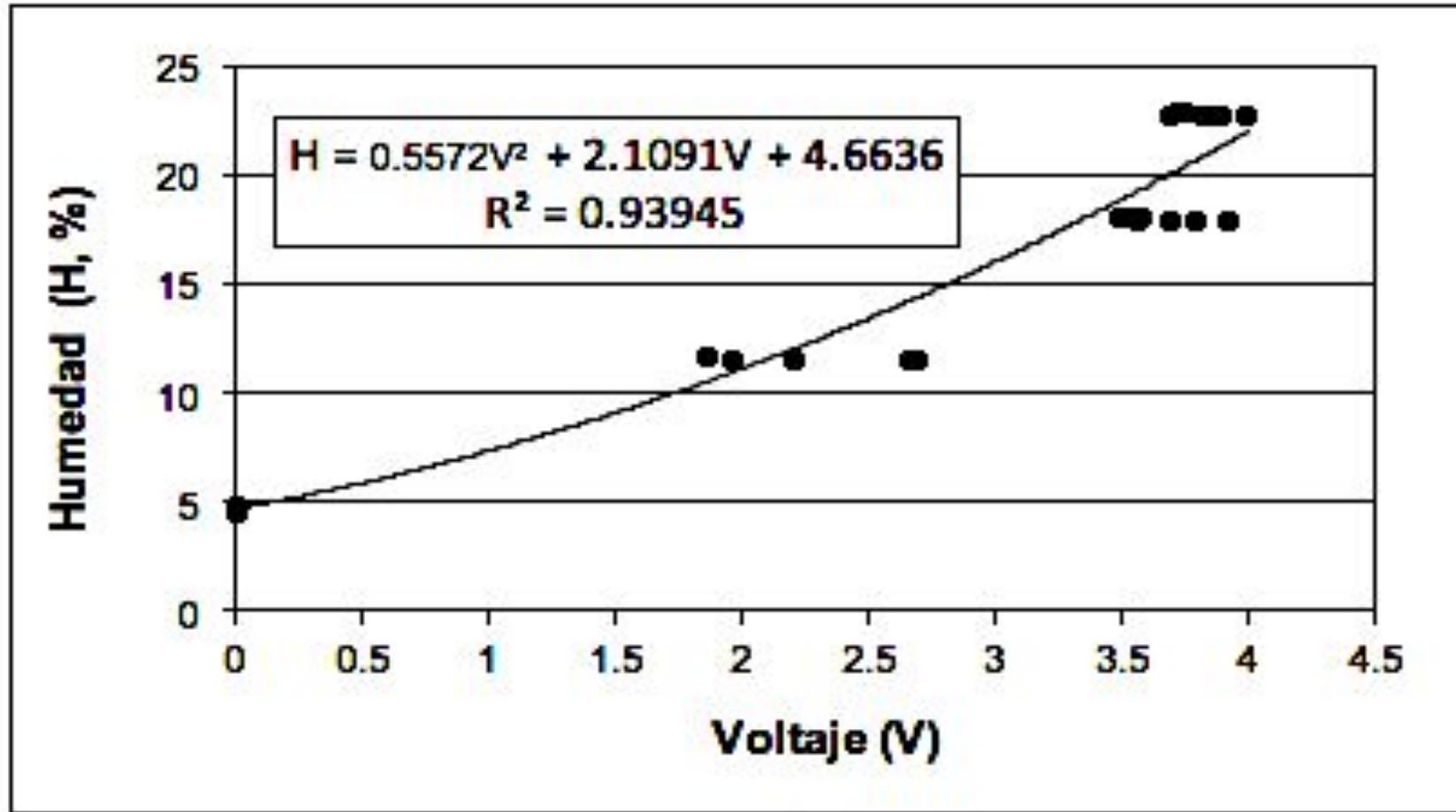
Procedimiento: a cuatro botes de 20 L con suelo hasta  $\frac{3}{4}$  de su capacidad se agregó agua para alcanzar humedad ligeramente superior a capacidad de campo. Se instalaron los sensores a evaluar y fue registrada su respuesta en cada repetición.





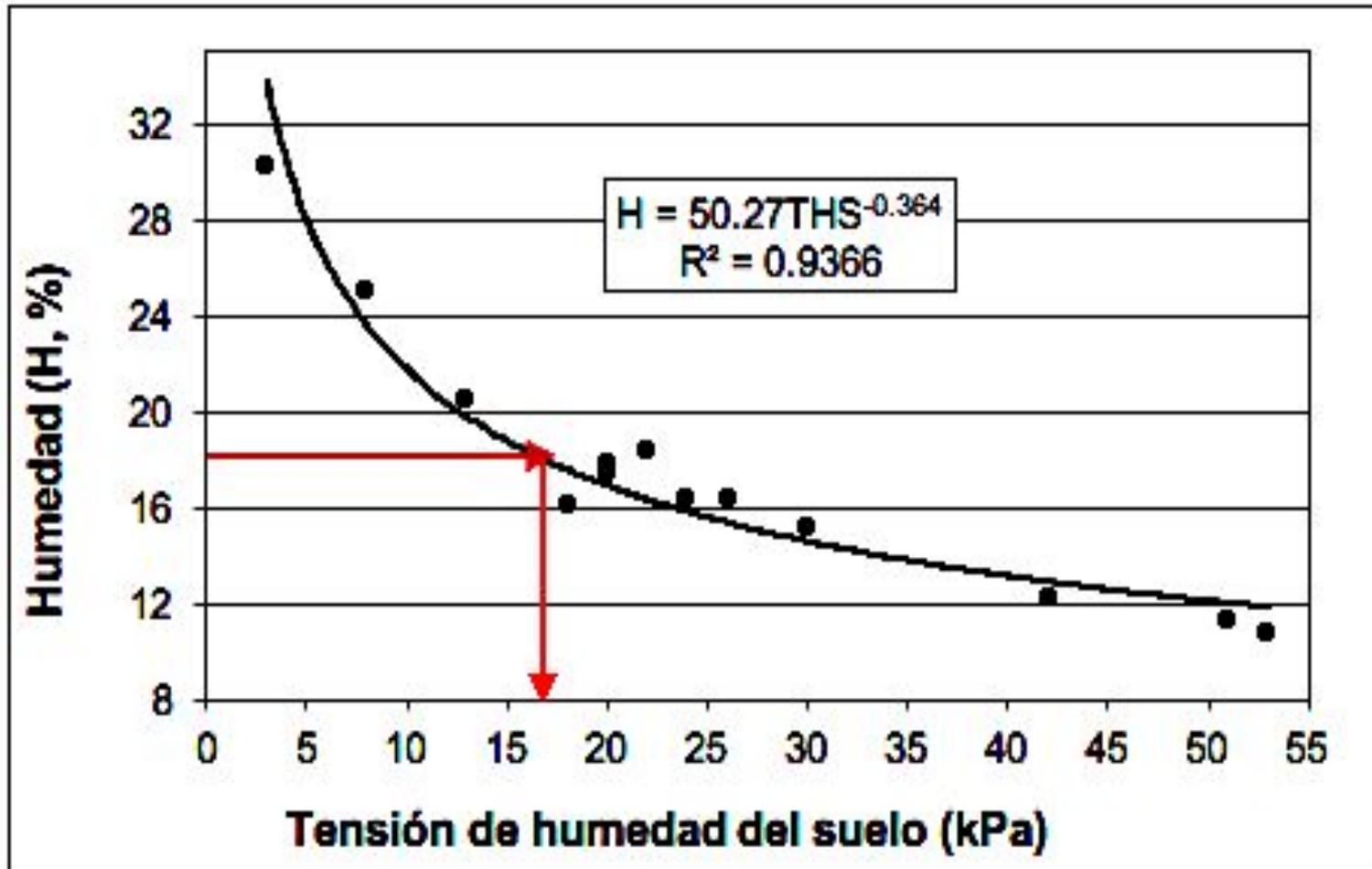
# Determinación de la humedad del suelo

Relación del contenido gravimétrico de humedad (H, %) y el voltaje de salida (V) de sensores de resistividad en un suelo franco-arenoso.





## Curva de retención de humedad de un suelo franco-arenoso obtenida con sensores de matriz granular.

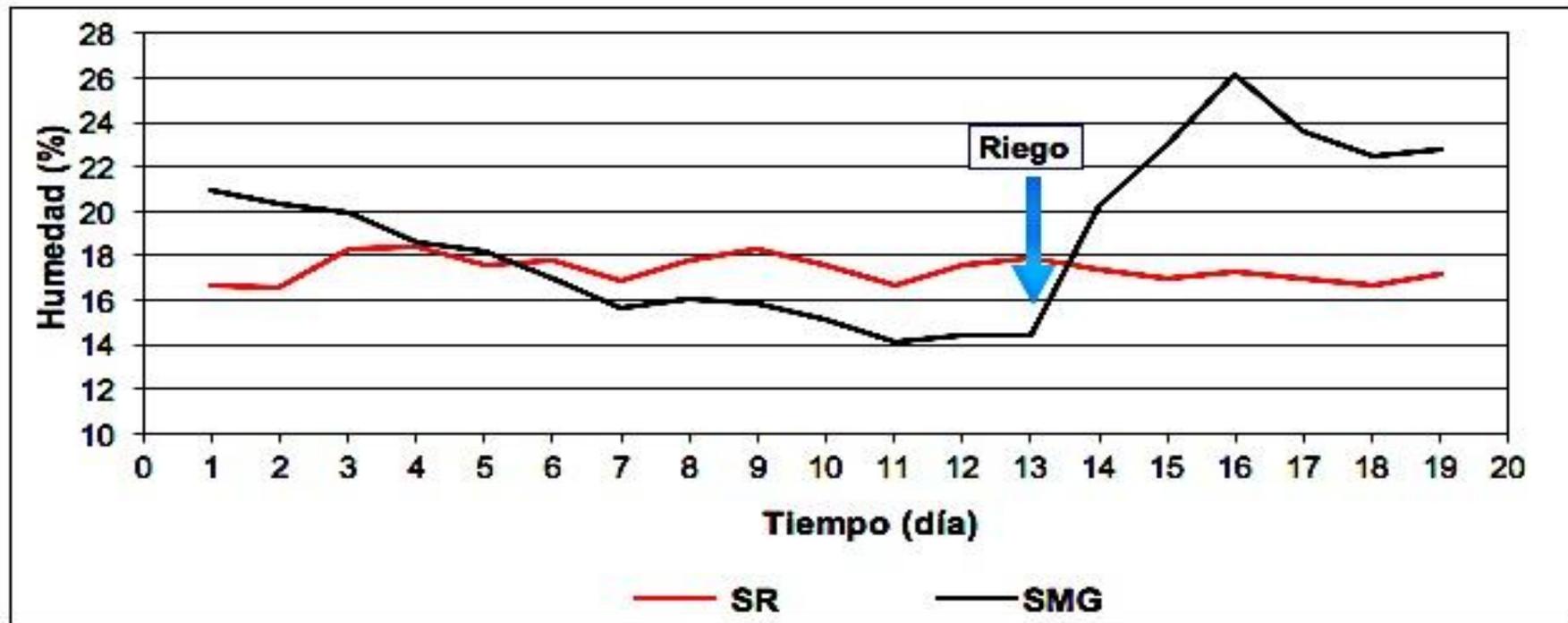




# Resultados y Discusión

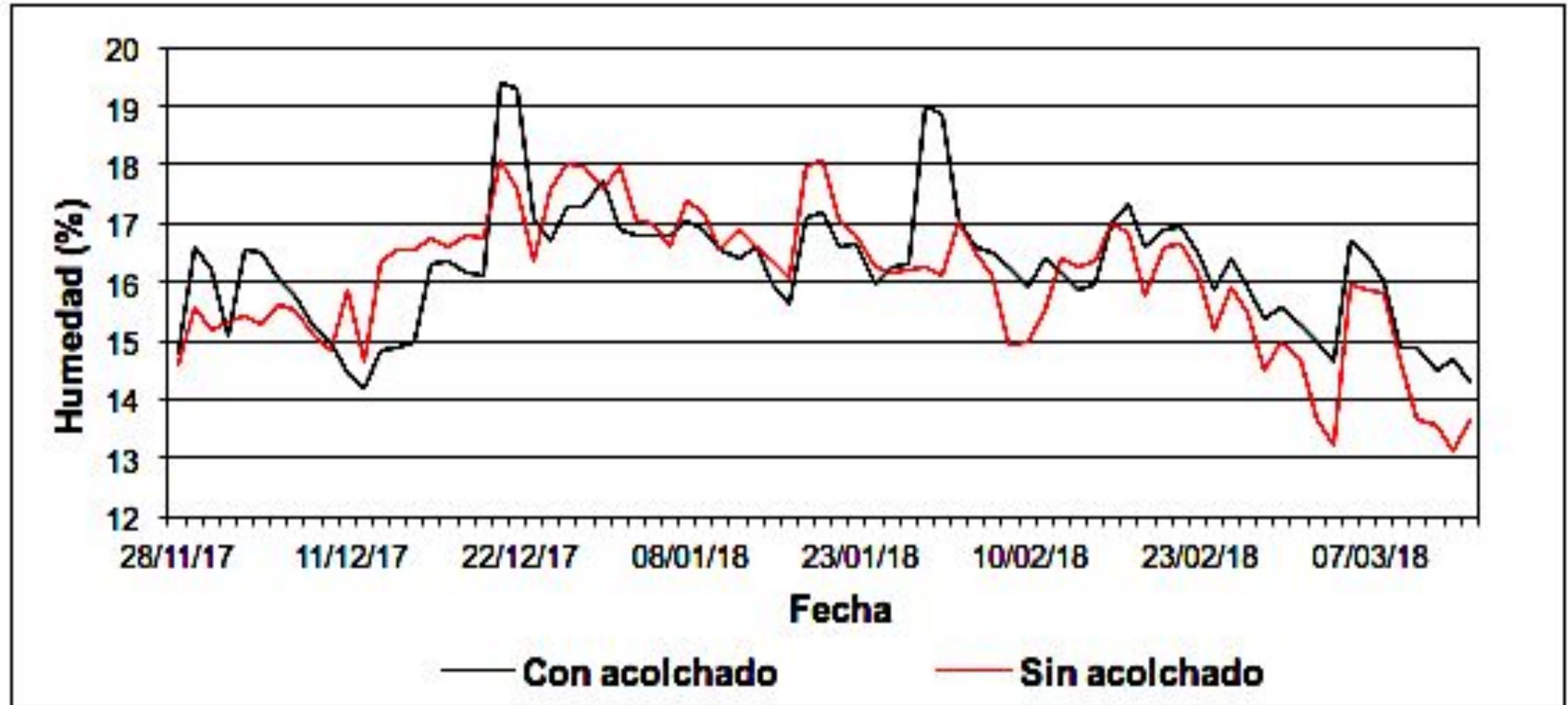
## Ensayo previo al experimento

Comportamiento de los sensores evaluados en un ensayo para el monitoreo de la humedad de un suelo franco-arenoso.





## Comportamiento de los sensores de resistividad para monitoreo de la humedad del suelo por efecto del acolchado plástico en las camas de cultivo.



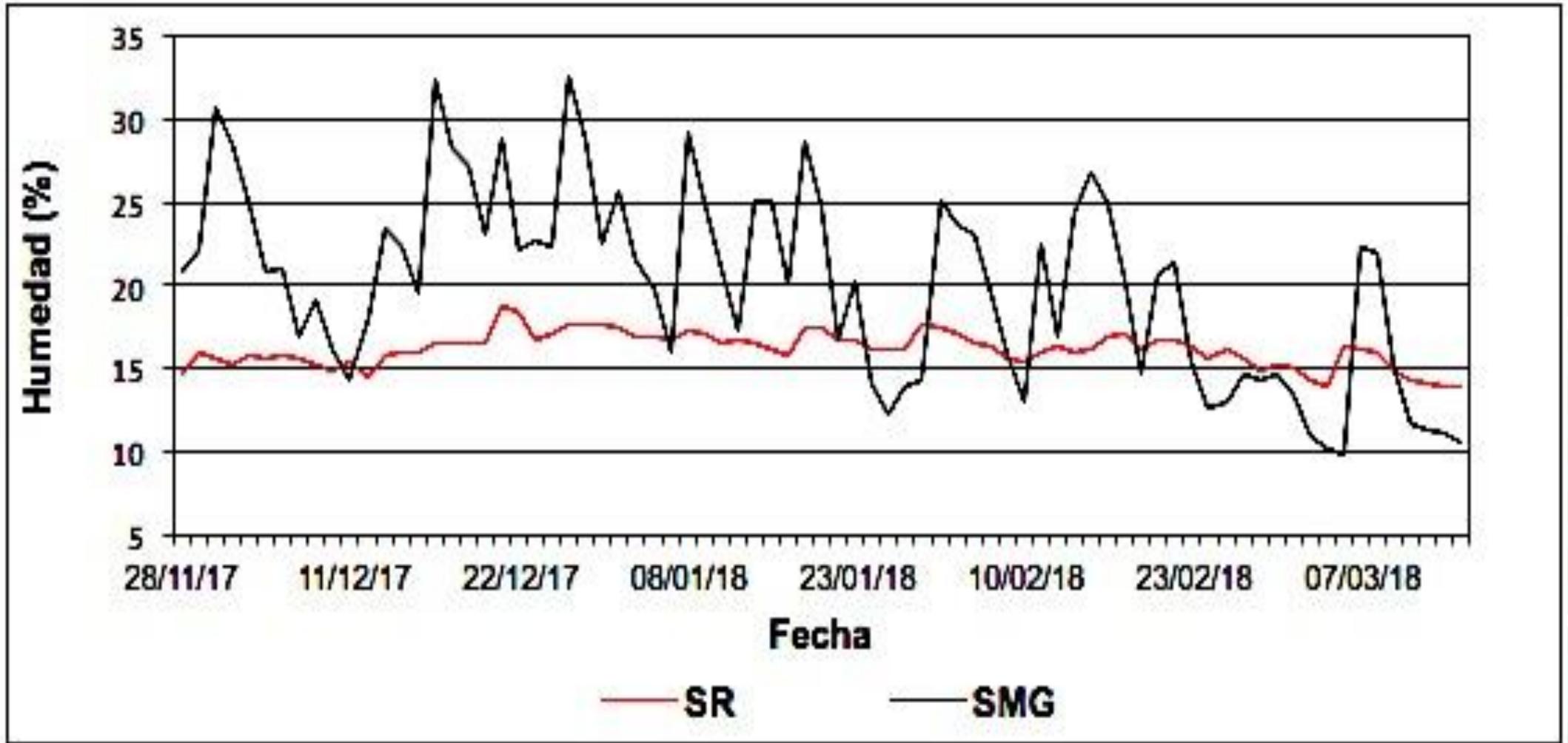


## Comportamiento de los sensores de matriz granular para monitoreo de la humedad del suelo por efecto del acolchado plástico en las camas de cultivo.



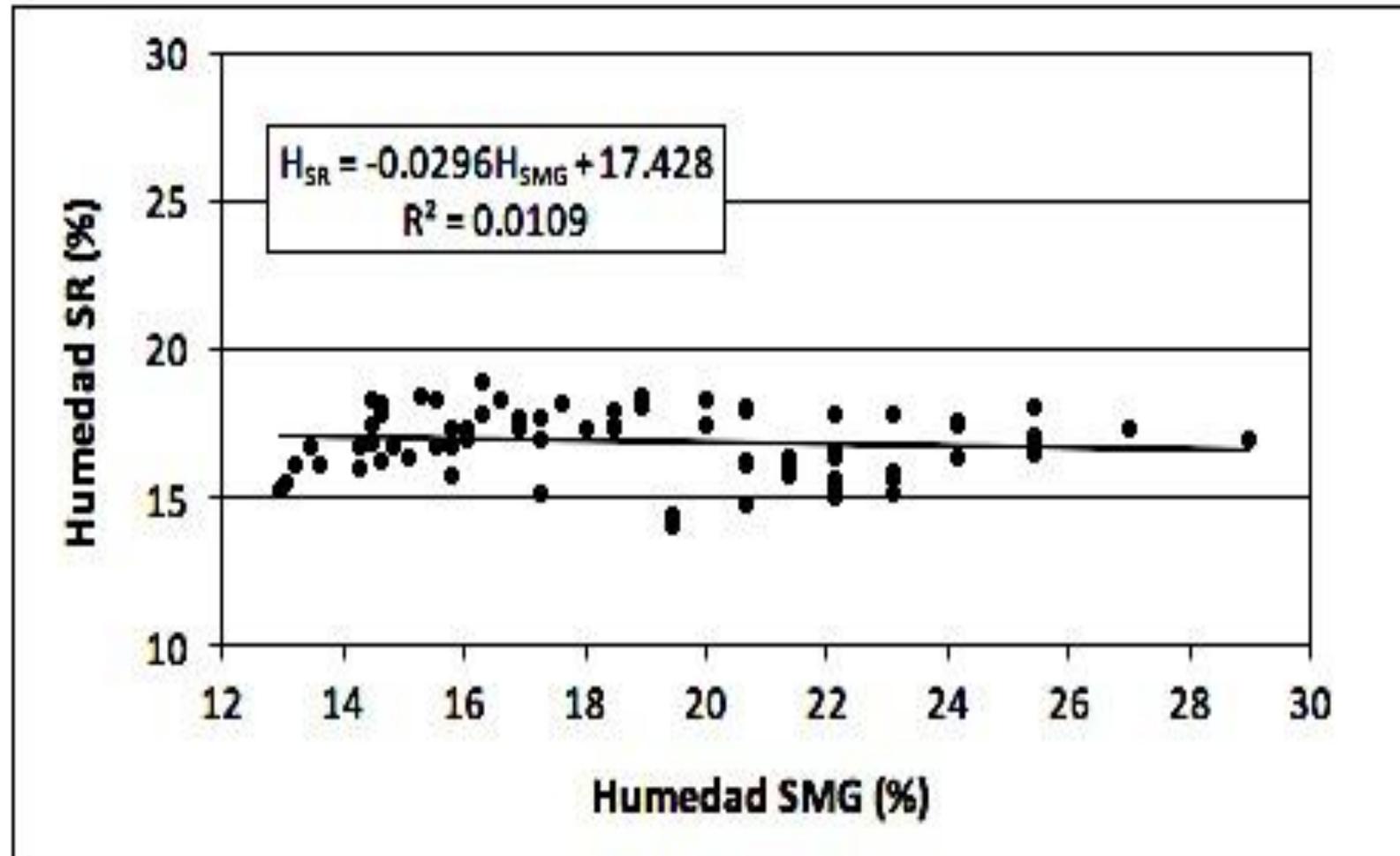


## Comparación de los dos tipos de sensores empleados para monitoreo de la humedad del suelo durante el ciclo de cultivo.



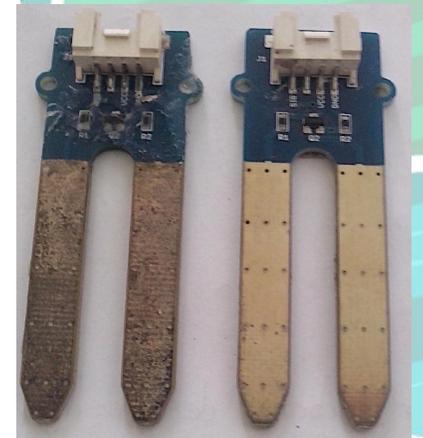


## Correlación entre la humedad estimada con sensores de matriz granular (SMG) y sensores de resistividad (SR).



# Conclusiones

1. La respuesta del sensor Grove SEN92355P<sup>®</sup> fue de poca sensibilidad cuando la humedad del suelo está cercana a capacidad de campo, como es el caso del riego por goteo. En contraparte, el sensor WATERMARK<sup>®</sup> 200SS respondió favorablemente a la variación y condiciones de humedad impuestas para el cultivo de cebolla en un suelo franco-arenoso.
2. Los sensores de resistividad presentan las mismas posibilidades para automatizar el proceso de riego por goteo y son bastante económicos, pero no son una opción técnicamente viable para el monitoreo de la humedad del suelo y operación de los sistemas 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!

**Juan Manuel Barrios Díaz**

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla



[juan.barrios@correo.buap.mx](mailto:juan.barrios@correo.buap.mx)

