



"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

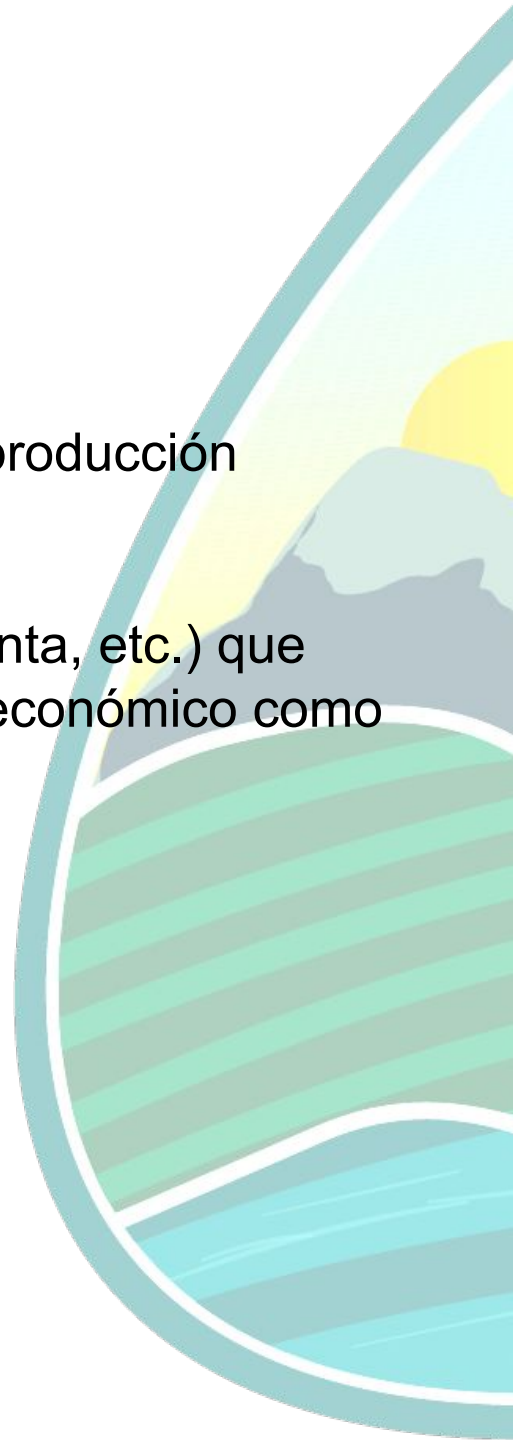
- Distribuye homogéneamente el agua en la parcela de cultivo
- Pone a disposición de las plantas el agua necesaria para su desarrollo y producción

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



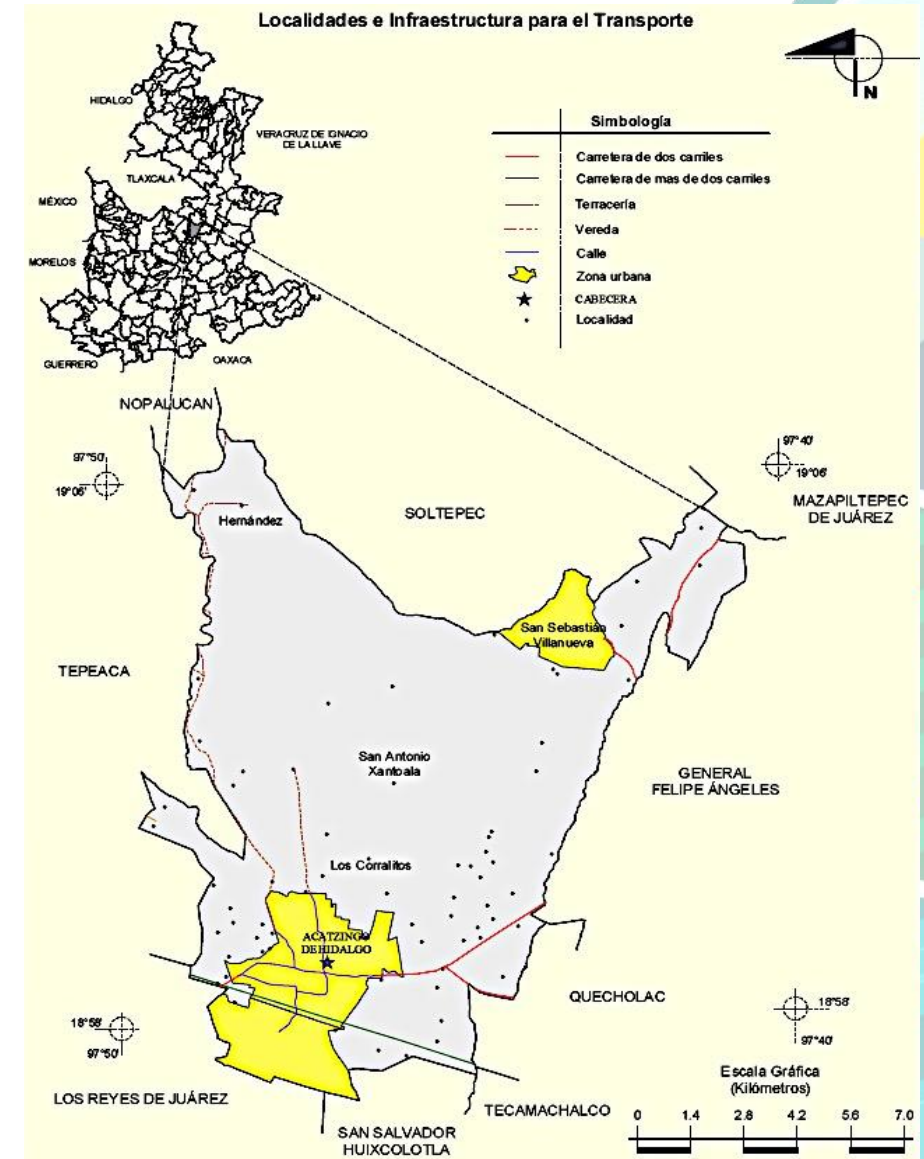
Objetivo

Evaluar la respuesta del sensor de resistividad de bajo costo Grove SEN92355P[®] y compararlo con el sensor de matriz granular WATERMARK[®] 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

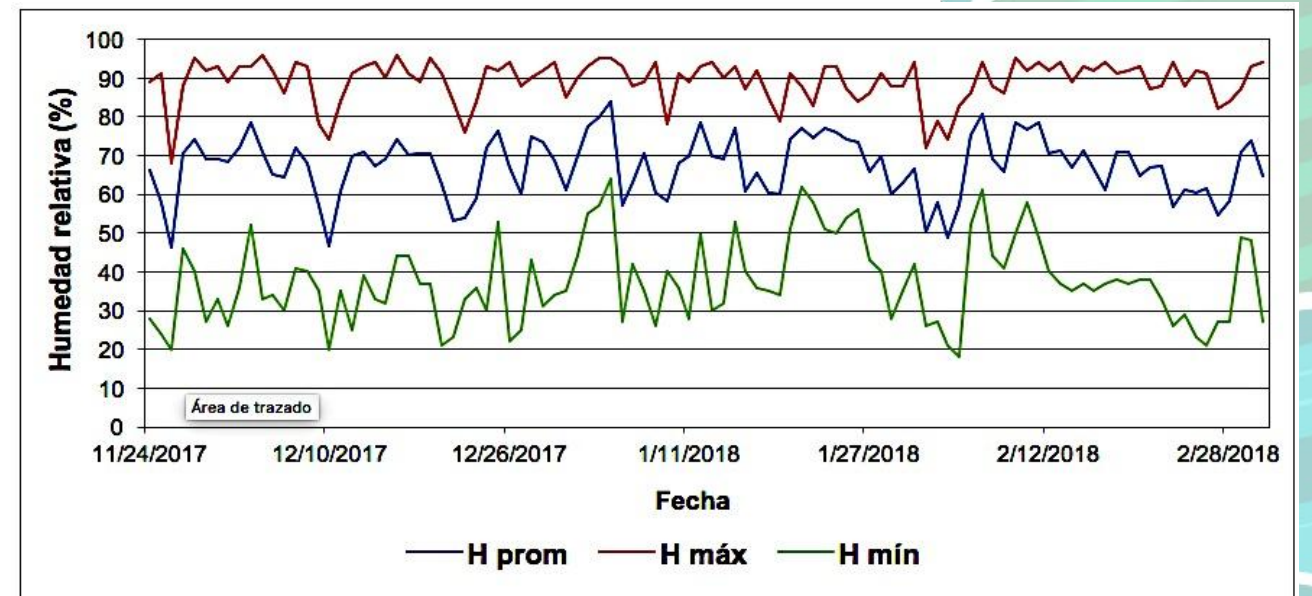
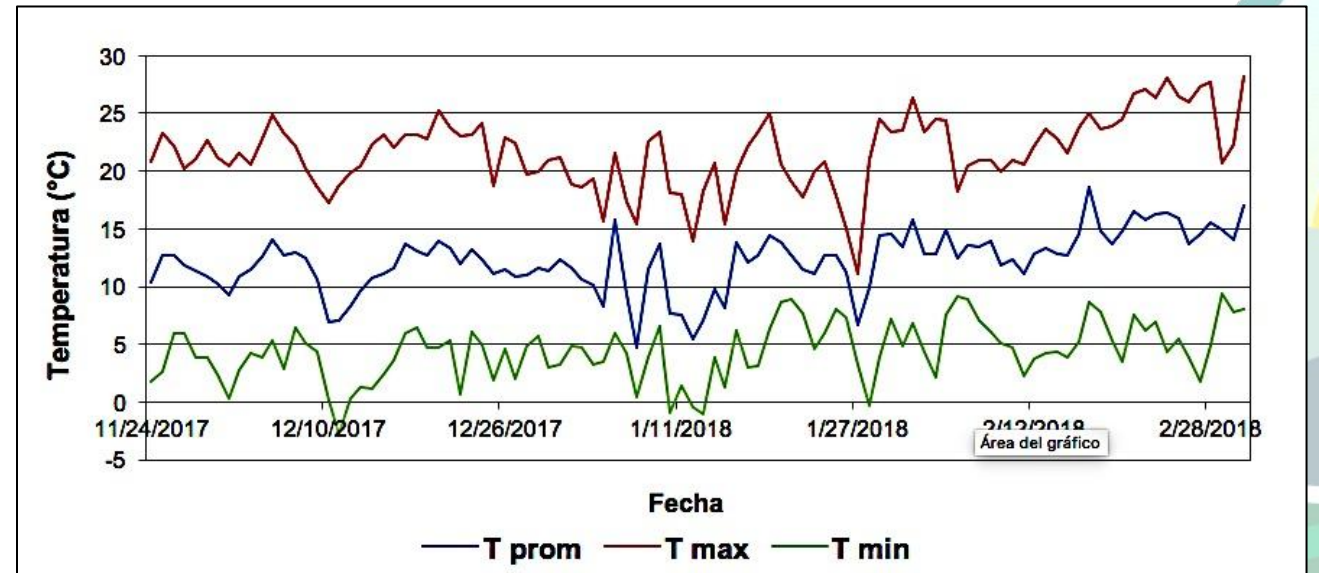
Determinación	Resultado
Textura	Franco arenoso (74.4 % arena, 10.4 % limo y 15.2 % arcilla)
Da	1.31 g cm ⁻³
CC	18 %.
PMP	10 %
pH	7.2 en relación agua-suelo 2:1
CE	3.3 dS m ⁻¹ en extracto de saturación
CIC	23 cmol _c kg ⁻¹

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 %





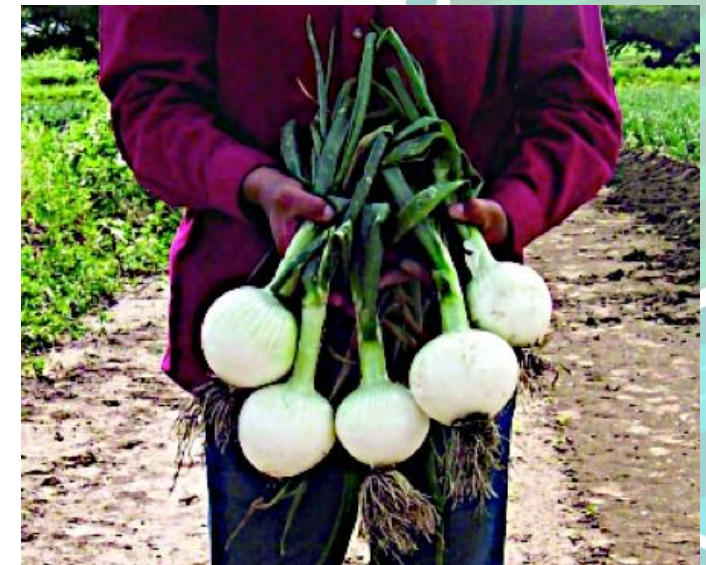
Material vegetal

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⁻¹





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[®])
- 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⁻¹
- Presión operación: 0.55 bar.



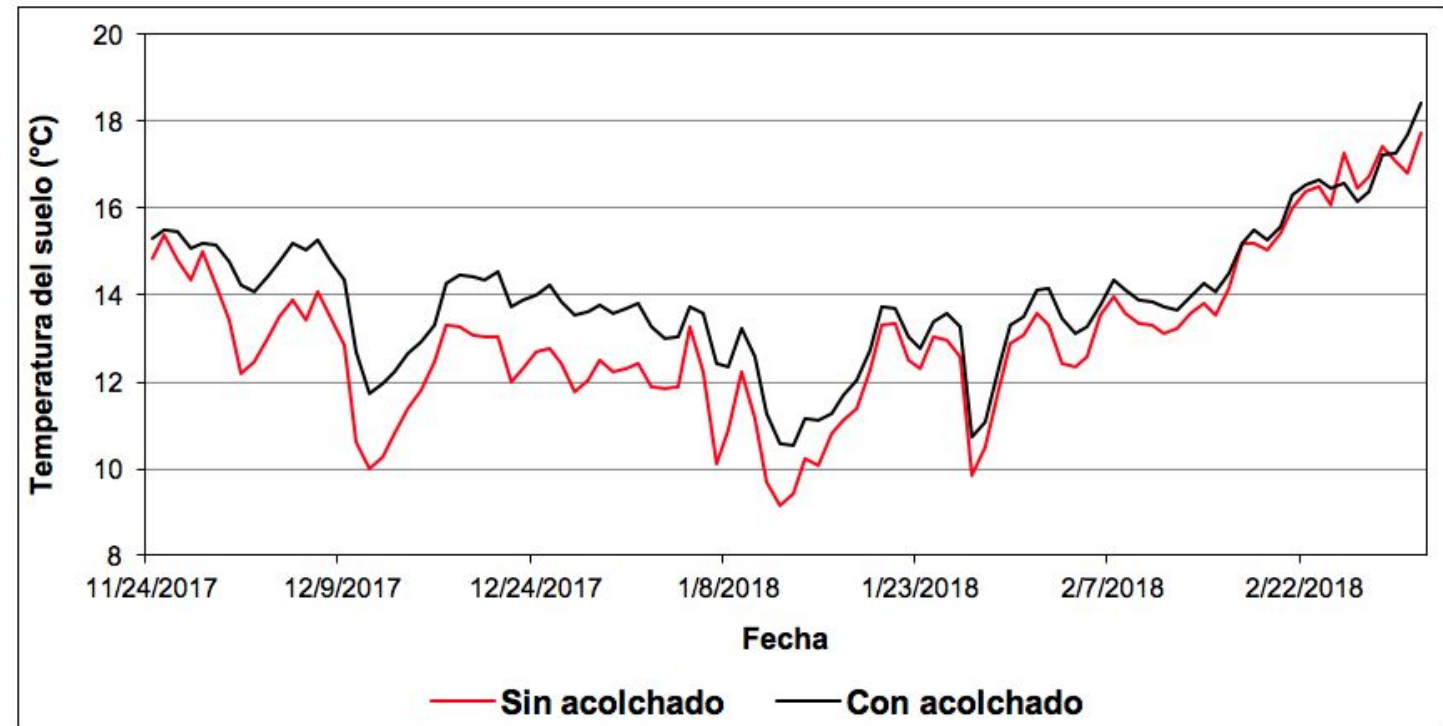
Manejo agronómico del cultivo

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⁻¹
- Base de cálculo: análisis de fertilidad de suelo de laboratorio comercial
- Aplicación de micronutrientes: con base a comportamiento del cultivo



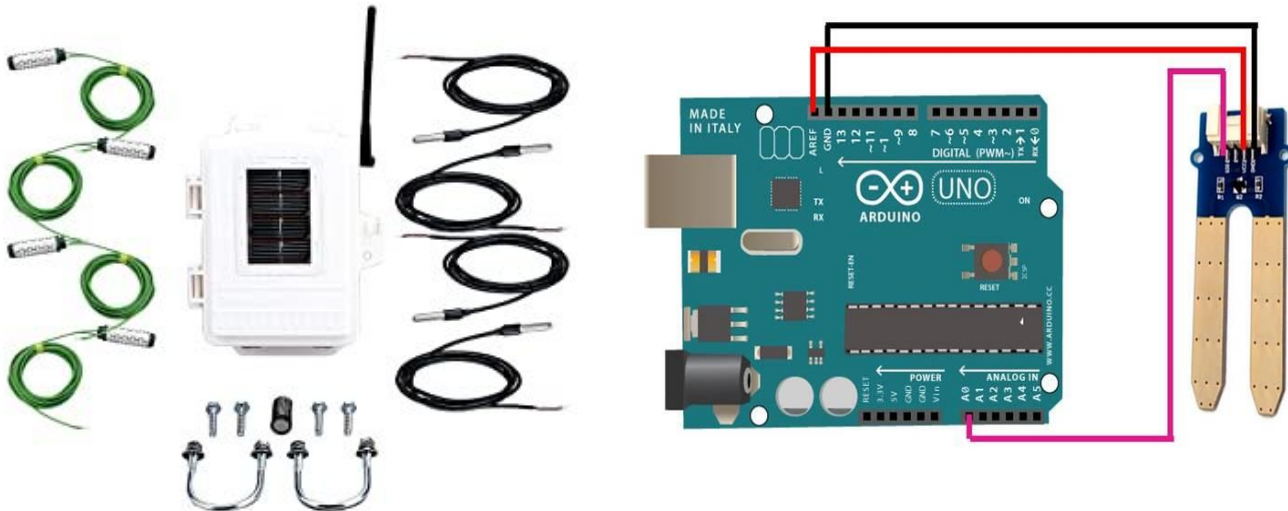
Unidad fertilizante	Cantidad aplicada (kg ha ⁻¹)
N	155
P ₂ O ₅	70
K ₂ O	240
CaO	95
MgO	40

Descripción de los tratamientos

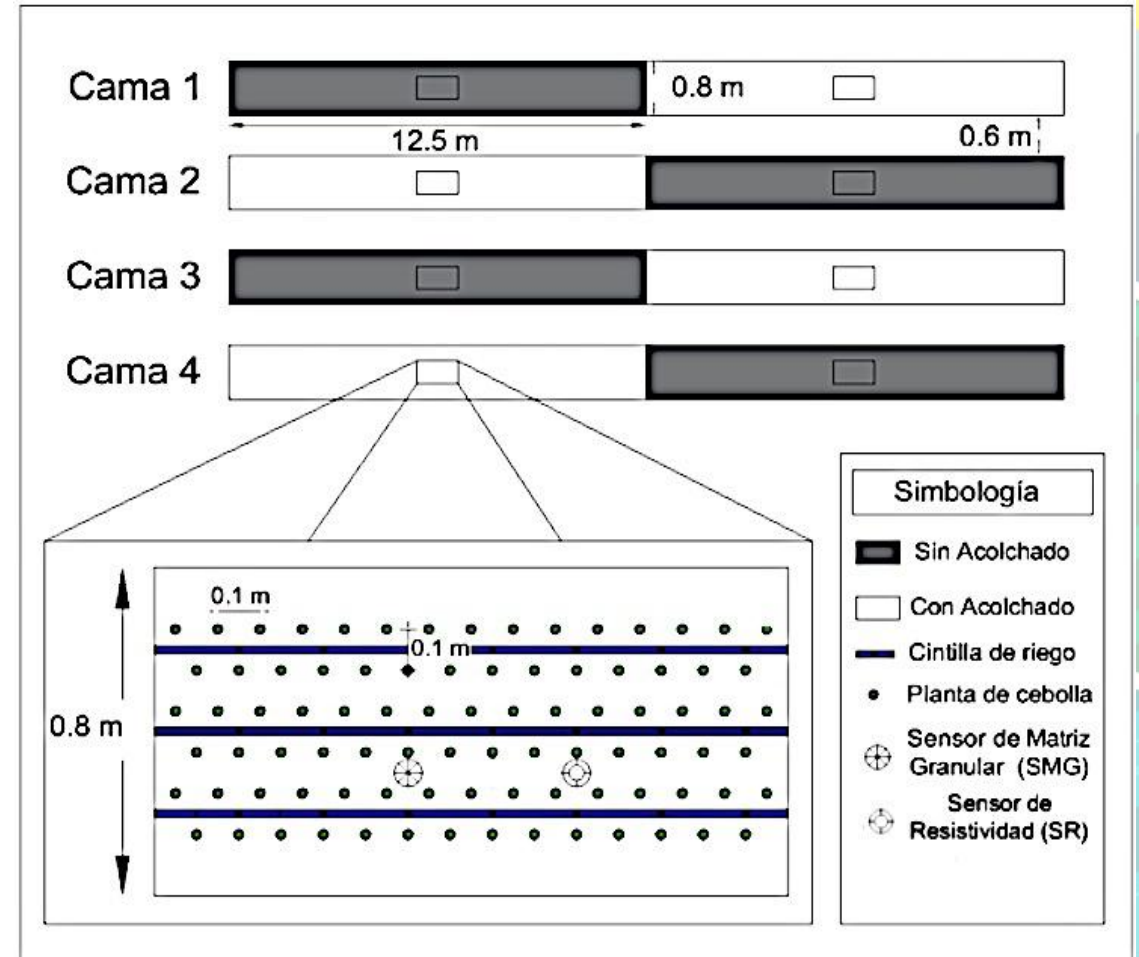
Respuesta de los sensores medida en condiciones de humedad impuesta por riego por goteo y efecto del acolchado plástico.

Sensores evaluados:

- Sensores de matriz granular WATERMARK[®] 200SS
- Sensores de resistividad Grove SEN92355P[®]



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



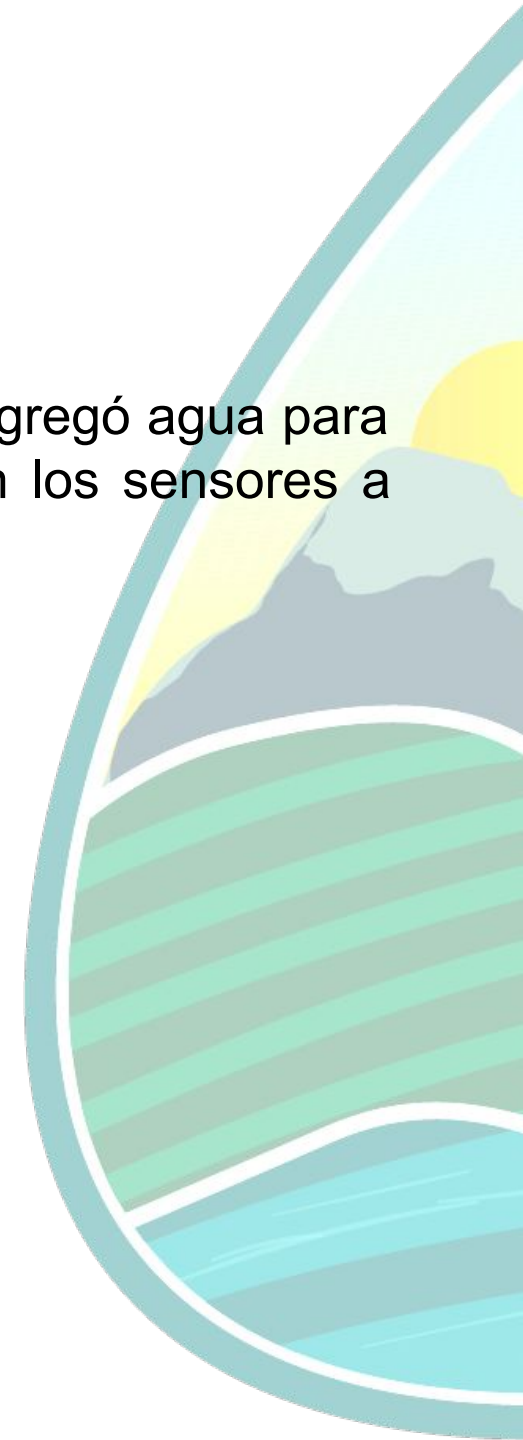
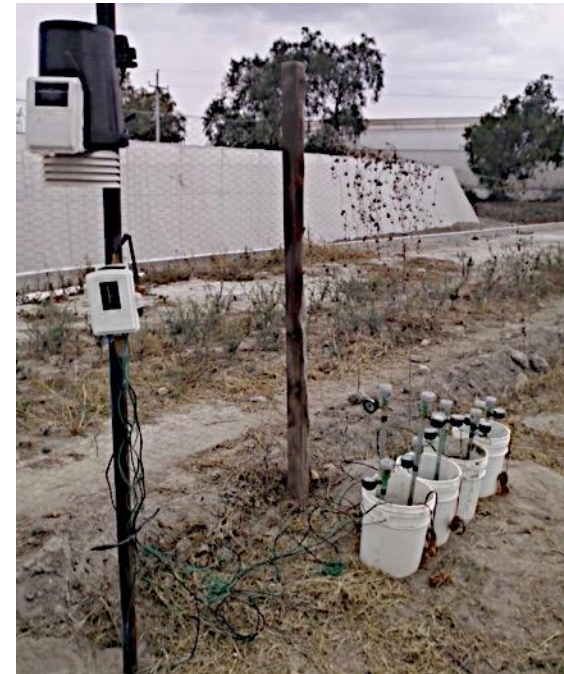


Ensayo previo al experimento

Duración: 19 días

Suelo: franco-arenoso

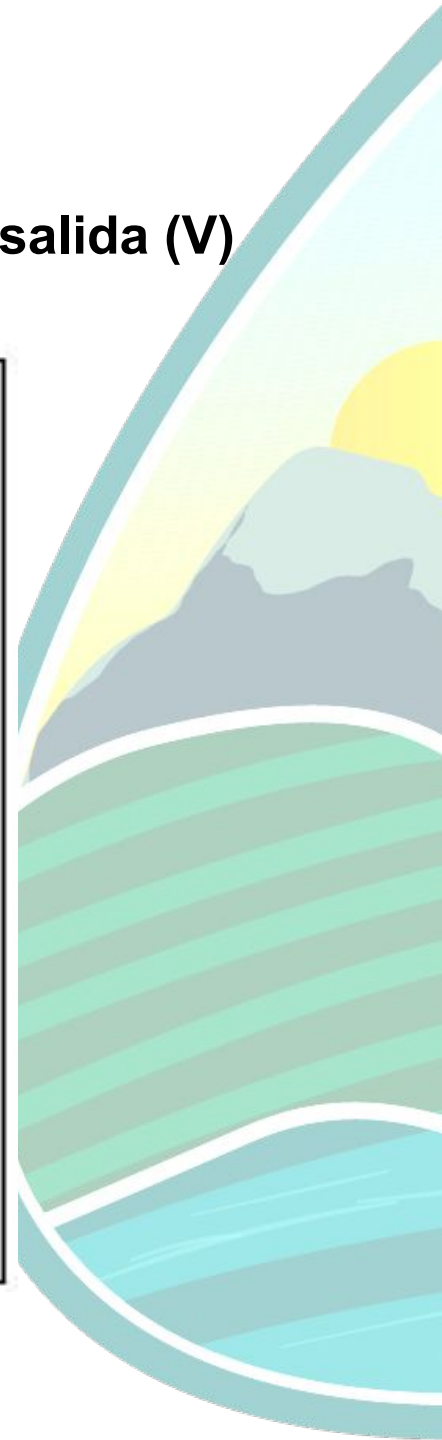
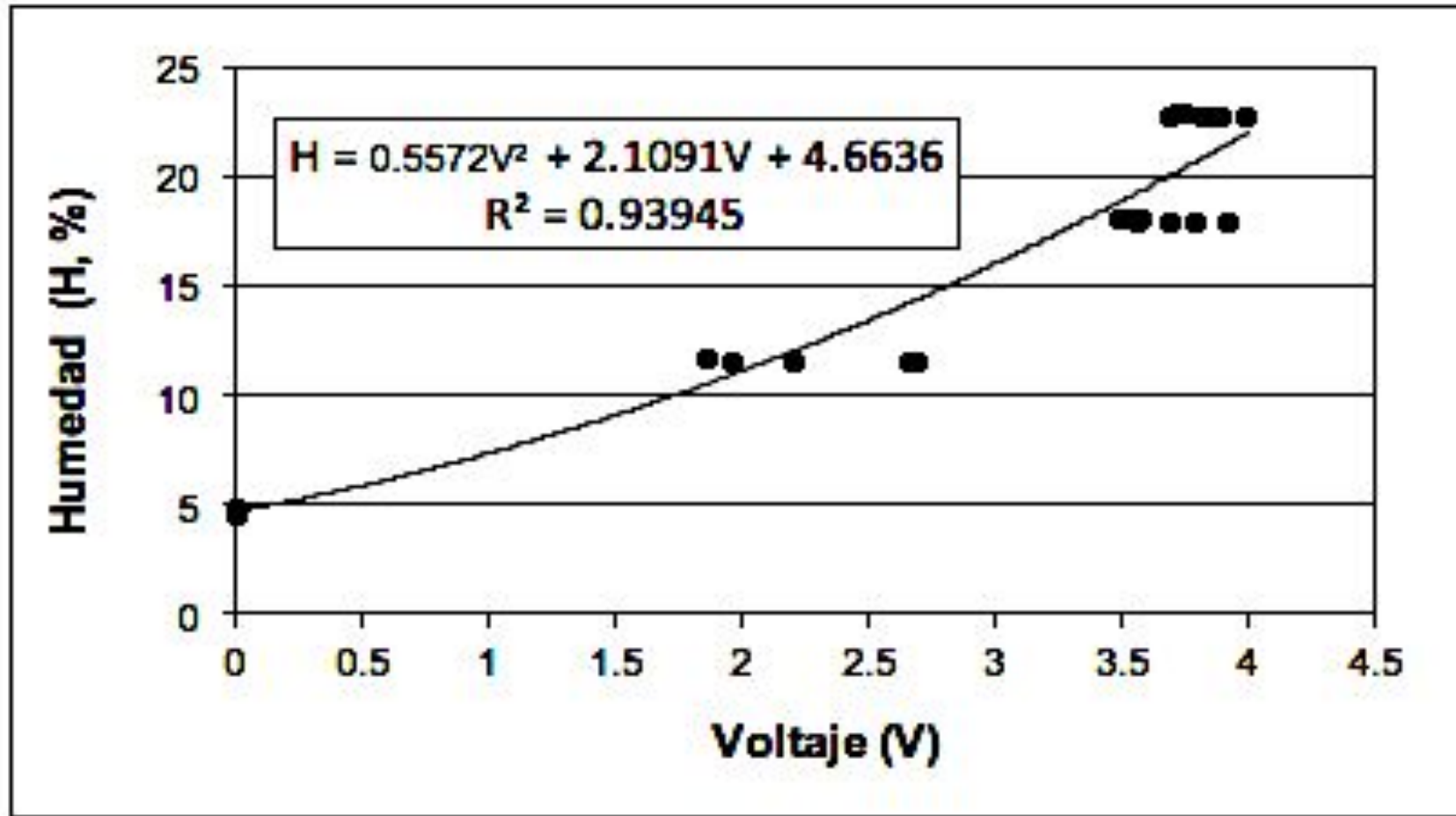
Procedimiento: a cuatro botes de 20 L con suelo hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad se agregó agua para alcanzar humedad ligeramente superior a capacidad de campo. Se instalaron los sensores a evaluar y fue registrada su respuesta en cada repetición.





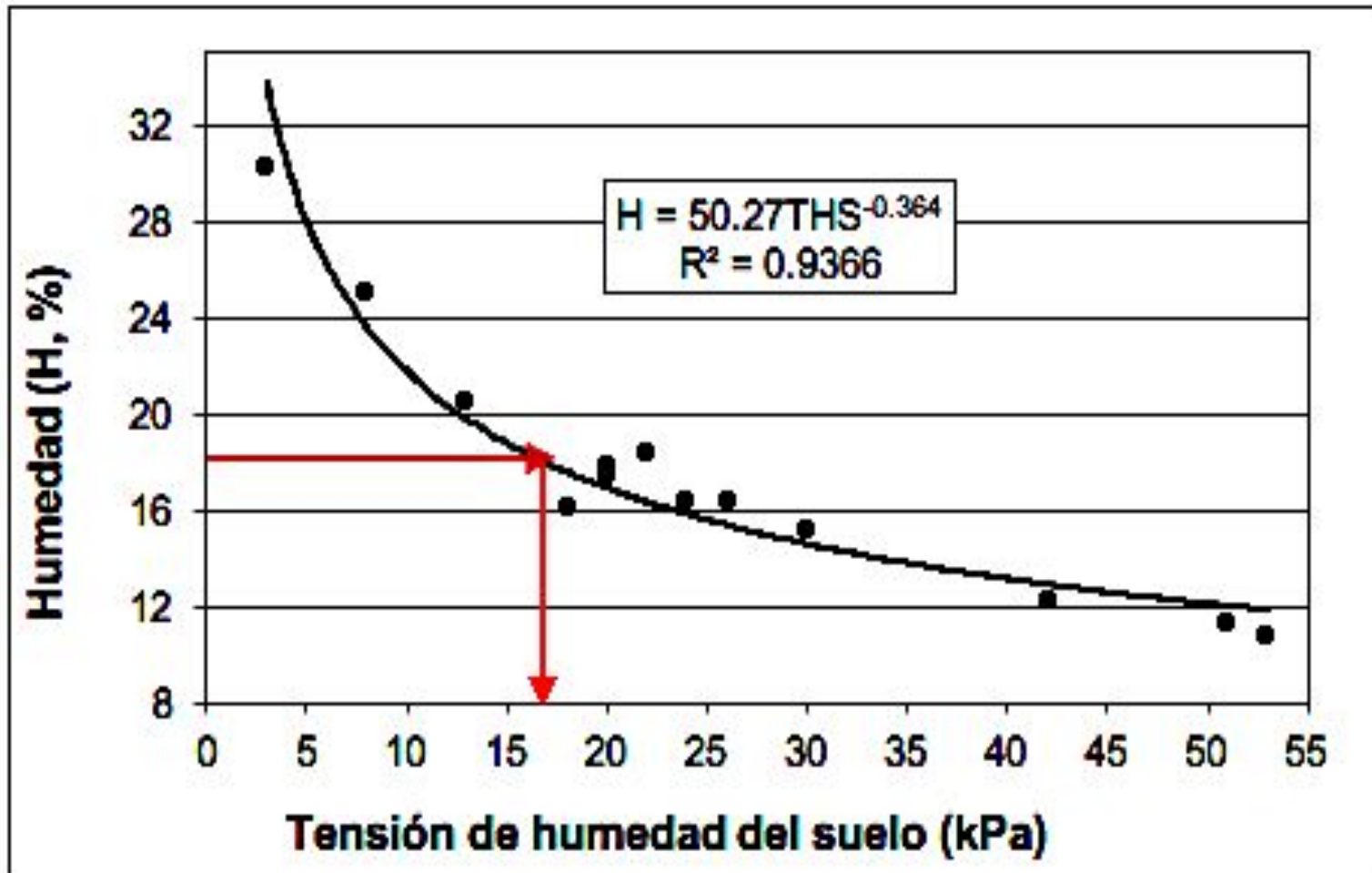
Determinación de la humedad del suelo

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.

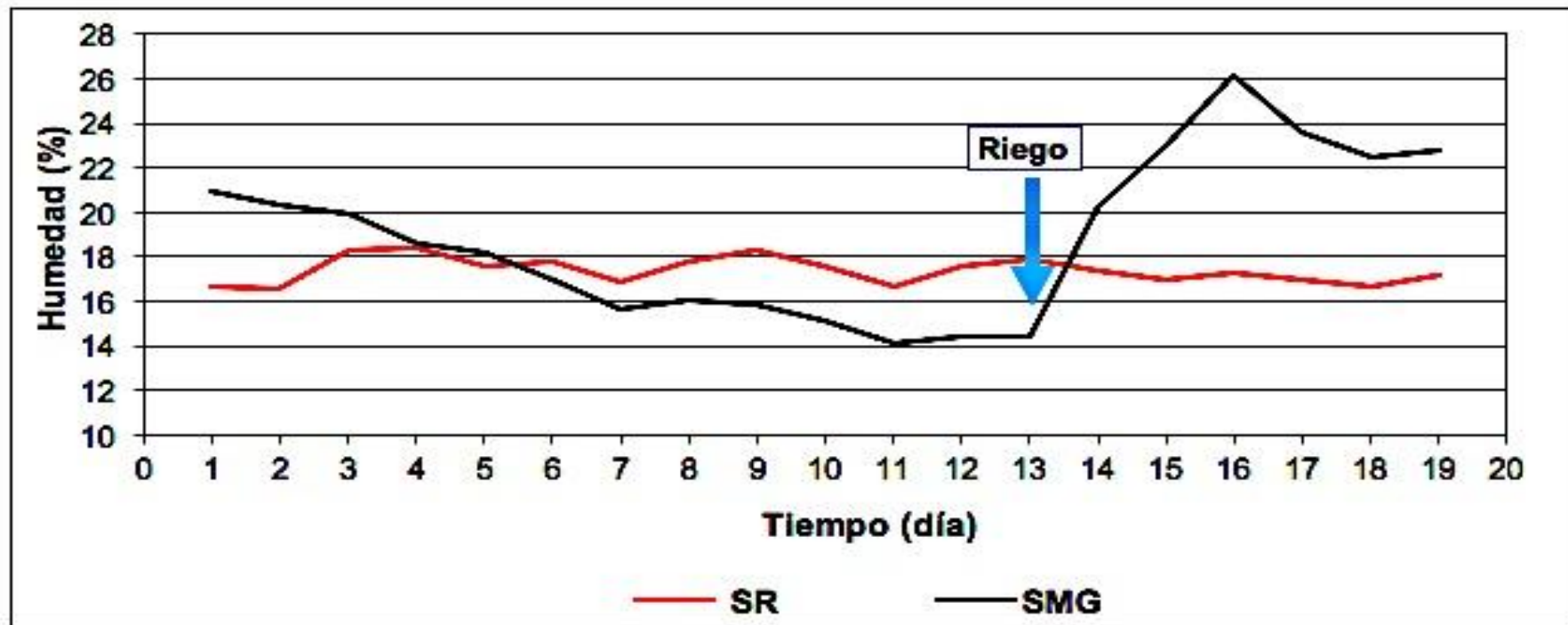




Resultados y Discusión

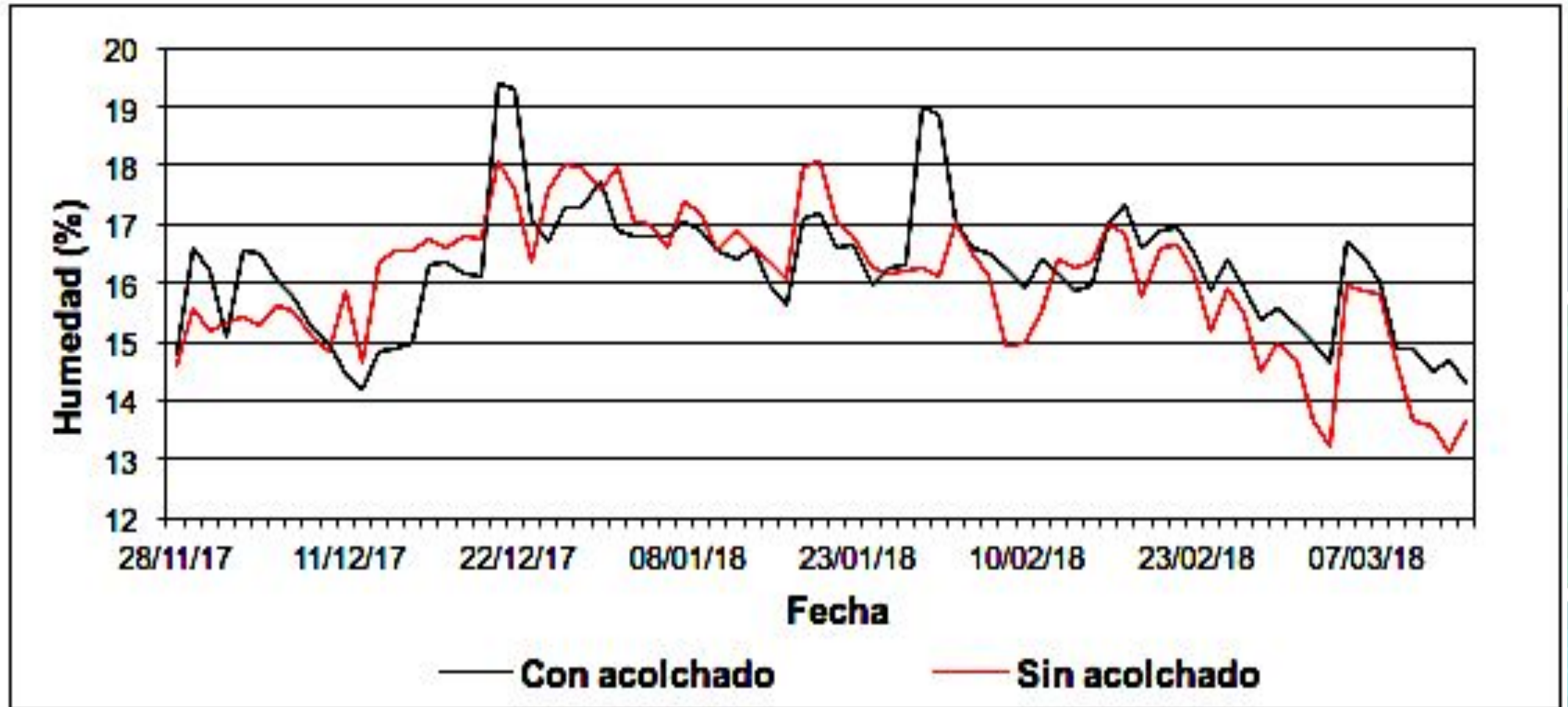
Ensayo previo al experimento

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.



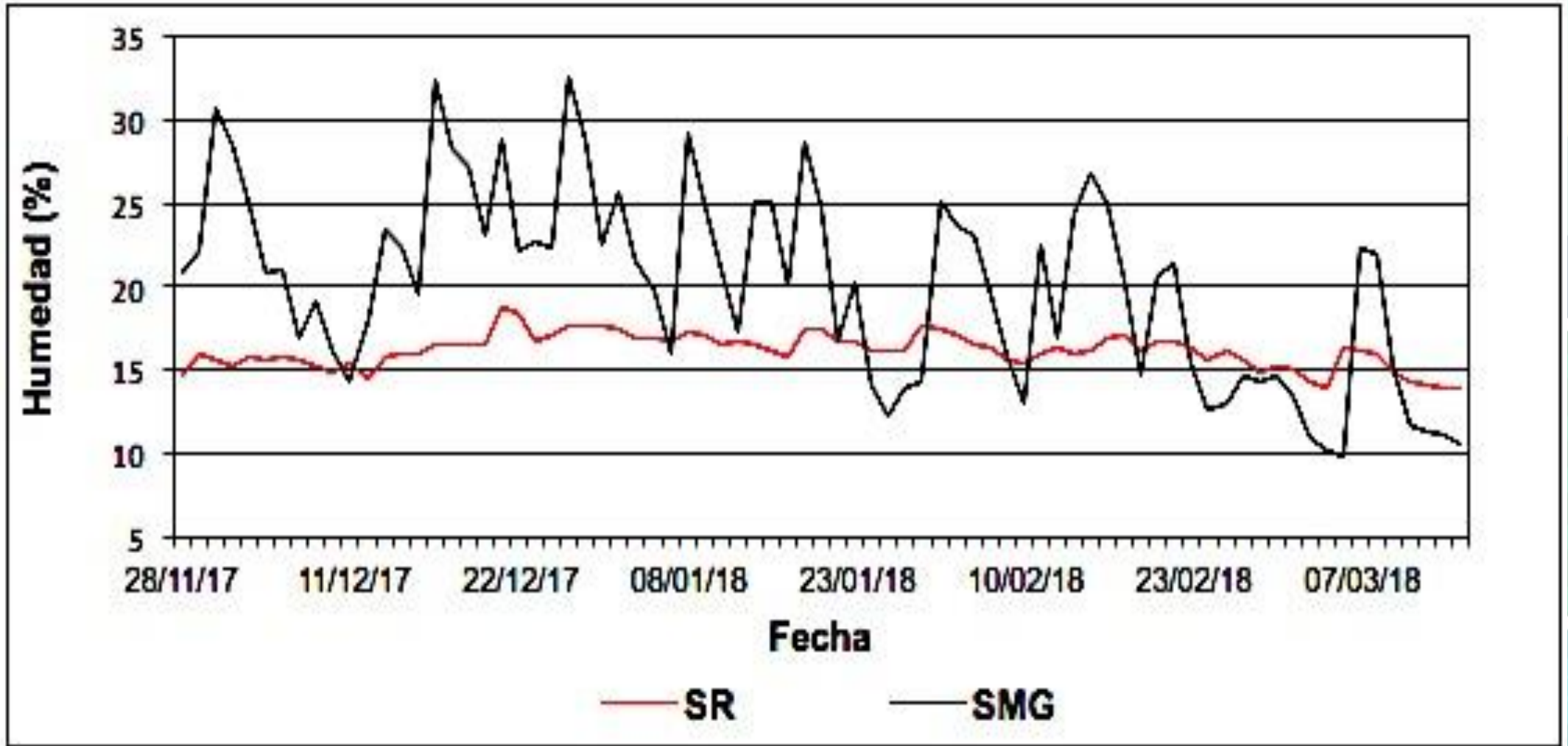


Comportamiento de los sensores de matriz granular para monitoreo de la humedad del suelo por efecto del acolchado plástico en las camas de cultivo.



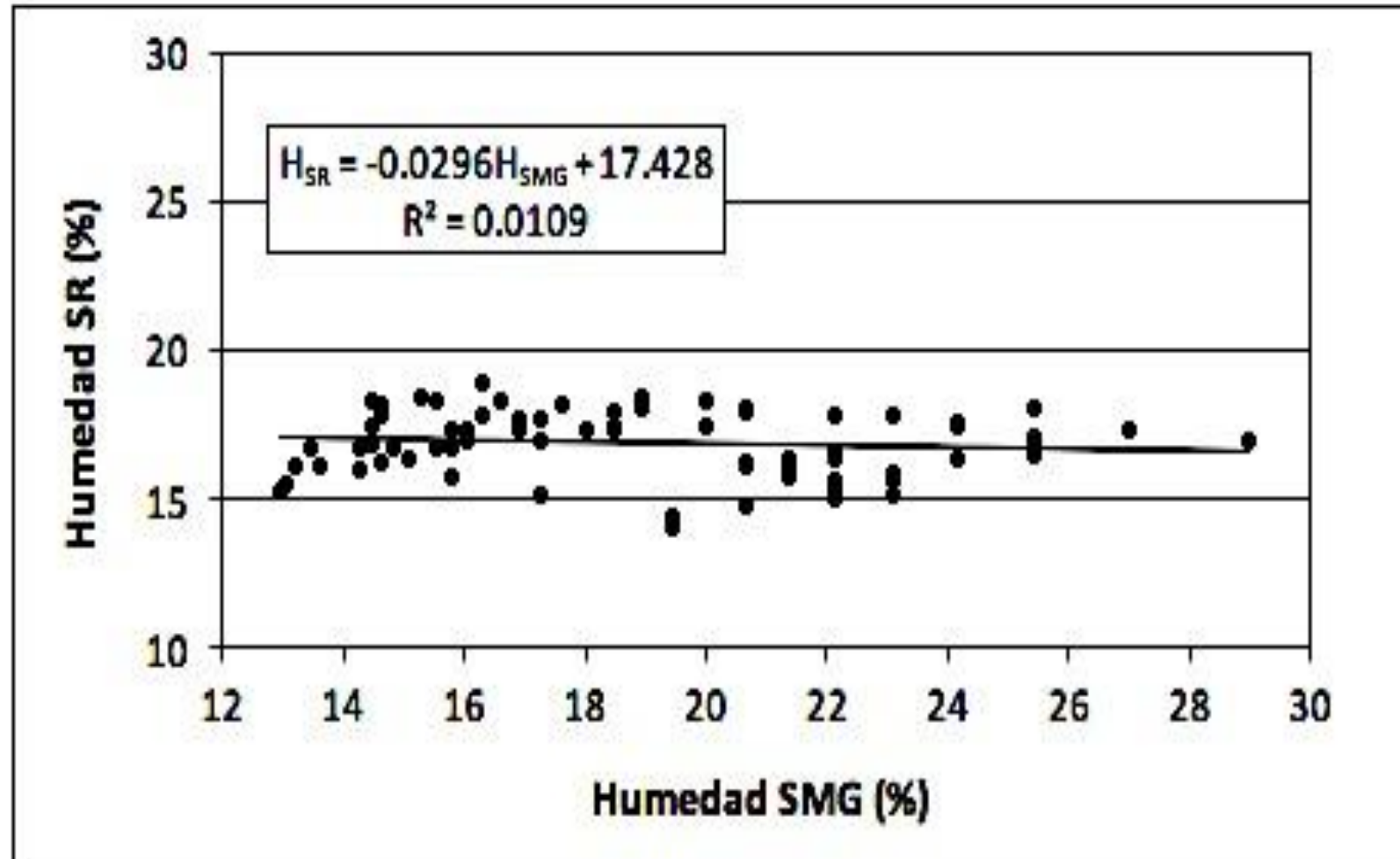


Comparación de los dos tipos de sensores empleados para monitoreo de la humedad del suelo durante el ciclo de cultivo.



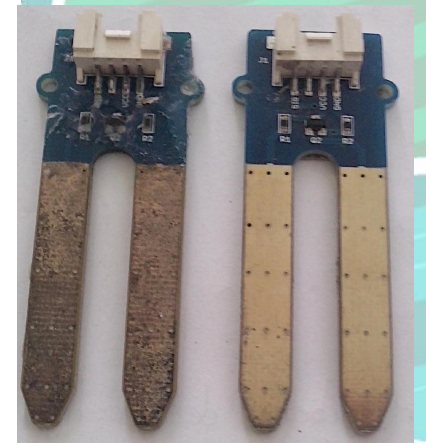


Correlación entre la humedad estimada con sensores de matriz granular (SMG) y sensores de resistividad (SR).



Conclusiones

1. La respuesta del sensor Grove SEN92355P[®] 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[®] 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

