

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DEL ESTERO
República Argentina

NUEVAS PROPUESTAS

ISBN 2683-8044

77 PÁGINAS - AÑO XLIII - VOLUMEN NRO. 63

EDICIONES UCSE 2024

Revista incluida en Catálogo Latindex v1.0

4. Manejo del agua en la Huerta Demostrativa de la Universidad Católica de Santiago del Estero

Water management in the Demonstration Vegetable Garden at the Universidad Católica de Santiago del Estero

Clozza, Mario Néstor

Universidad Católica de Santiago del Estero
Facultad de Ciencias para la Salud
Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires

Teseyra, René Julio

Universidad Católica de Santiago del Estero
Facultad de Ciencias para la Innovación y el Desarrollo

Suárez, Alberto Nicolás

Universidad Católica de Santiago del Estero
Facultad de Ciencias para la Innovación y el Desarrollo

Resumen

La actividad hortícola depende, entre otros requerimientos, de la disponibilidad de agua en cada etapa de desarrollo de los cultivos, por lo cual debe ajustarse la frecuencia y el volumen regado. Con la finalidad de ajustar estos parámetros en la Huerta Demostrativa de la Universidad Católica de Santiago del Estero se llevó adelante un ensayo exploratorio. Fueron instalados sensores electrónicos a distintas profundidades (15, 30, 45 y 60cm) a fin de evaluar la disponibilidad de agua. Se realizaron mediciones del contenido hídrico en dos situaciones de riego, a capacidad de campo y luego de 3 días sin provisión de agua, a fin de obtener información sobre la capacidad de retención de humedad de ese suelo. Se logró contrastar los valores obtenidos mediante sensores y la información del fabricante, valiéndose de datos reales de contenido de humedad medidos a campo y en laboratorio mediante la extracción y secado de muestras de suelo. Los resultados obtenidos indicaron: i) la necesidad de un ajuste en la lectura de los sensores (arrojaban un valor 10 % mayor que el real), y ii) la pérdida de humedad por percolación fue de un 20 % en los primeros 30cm, reduciéndose a 15 % y 10 % a los 45 y 60cm respectivamente.

Palabras claves: riego, sensores electrónicos, percolación, humedad del suelo.

Abstract

Horticulture depends, among other requirements, on the availability of water at every stage of crops development. In order to adjust frequency and volume irrigated, an exploratory trial was carried out in the Demonstration Vegetable Garden at the Universidad Católica de Santiago del Estero. Water availability was registered by electronic sensors, installed at different depths (15, 30, 45 and 60cm). Measurements of water content were carried out in two irrigation situations, 24 hours after water saturation of the soil and after 3 days without water supply, in order to obtain information on its moisture retention capacity. Values registered by the sensors were contrasted with real data of moisture content measured in field and laboratory by extracting and drying soil samples. Results obtained indicated: i) an adjustment in the reading of the sensors is needed (a value 10 % higher than the real one was registered), and ii) loss of moisture due to percolation was 20 % in the first 30cm, reducing to 15 % and 10 % at 45 and 60cm, respectively.

Keywords: irrigation, electronic sensors, percolation, soil moisture.

Introducción

En una actividad agrícola intensiva como lo constituye una huerta, se conjugan tanto la diversidad de especies vegetales como objetivos de producción y ciclos de esos cultivos: numerosas familias botánicas, ciclos anuales o perennes, y cosechando distintas estructuras botánicas (raíces, tallos, hojas, flores y frutos). La factibilidad de un emprendimiento hortícola depende, entre varios de sus requerimientos, de la disponibilidad de agua en cada etapa de desarrollo. Si bien existen varios métodos de proveer este recurso, el más eficiente y preciso es el de riego localizado, y en especial por goteo (Goites, 2008; Clozza, 2023).

Tan importante como disponer de agua para el riego es ajustar la frecuencia y el volumen aplicado, a fin de satisfacer la demanda ambiental del sistema productivo (evapotranspiración). Esto dependerá del requerimiento de cada etapa de cultivo (siembra/trasplante, estado vegetativo/reproductivo), que se expresa a través de la transpiración del mismo, y las condiciones meteorológicas (esencialmente la temperatura, el viento y las lluvias), que definen la evaporación, vale decir la pérdida de agua directamente del suelo hacia la atmósfera. Estos condicionantes de la demanda de agua son muy variables a lo largo del ciclo del cultivo, lo cual se vuelve más complejo en un sistema hortícola dada la diversidad de especies que lo componen (Goites, 2008; Murphy y Hurtado, 2015; Clozza, 2023).

Otro aspecto a considerar, ya más característico de cada suelo, es su textura, entendiéndolo a la misma como el contenido relativo de partículas de diferente tamaño: arena, limo y arcilla. Las distintas combinaciones de estos tres componentes, que dependen de la roca madre que dio origen a ese suelo, le otorga al mismo una cierta capacidad de almacenamiento de agua y de circulación de la misma en su perfil.

Otro aspecto a considerar es la estructura del suelo, cómo se ordenan espacialmente esas partículas primarias formando agregados, otorgando al suelo una determinada porosidad. En este sentido, la materia orgánica presente y la actividad microbiana son de suma importancia (Conti y Giuffré, 2024).

Por lo antedicho, el desarrollo de sistemas autónomos de provisión de agua al cultivo fue evolucionando en el tiempo en función de los avances tecnológicos. La integración de la tecnología de hardware y software con la producción agrícola es un tema vastamente desarrollado e implementado a escala mundial, basada en los beneficios productivos de esta forma de agricultura tecnificada y responsable con el ambiente.

Argentina posee un alto grado de tecnología asociada a producciones extensivas y comerciales, esencialmente cereales y oleaginosas, de interés para las principales empresas desarrolladoras de tecnología agrícola. Para pequeños productores, y más aún para aquellos enmarcados en cultivos considerados sustentables, agroecológicos y orgánicos, esta tecnología resulta poco accesible por su elevado costo, su orientación hacia una producción en base al uso intensivo de agroquímicos y un dimensionamiento a escalas industriales, lo que imposibilita su uso (Movia et al., 2011).

También se presenta la problemática asociada a la necesidad de contar con energía eléctrica, la cual no siempre está disponible en zonas rurales de baja densidad habitacional o retirada de las líneas de distribución principales. Esto lleva en la mayoría de los casos a una producción con baja o nula integración tecnológica en desmedro de la eficiencia productiva que se podría conseguir de su uso.

Con la finalidad de ajustar la frecuencia y volumen de riego a través del sistema de riego por goteo instalado en la Huerta Demostrativa de la Universidad Católica de Santiago del Estero se llevó adelante un ensayo exploratorio. Del mismo participaron las Facultades de Ciencias de la Salud y de Ciencias para la Innovación y el Desarrollo, a través de un proyecto de investigación financiado por la mencionada Universidad.

Esta integración interdisciplinaria entre unidades académicas permitió abordar e interpretar los aspectos agronómicos y tecnológicos del experimento. Uno de los resultados del proyecto fue el diseño, implementación y validación de un prototipo de hardware y software para regular la provisión de agua a requerimiento del sistema de cultivo, y que fuera utilizado como equipamiento en este trabajo.

Los objetivos del presente trabajo consistieron en: i) contrastar y validar los valores obtenidos mediante los sensores del equipamiento diseñado, y ii) obtener información de la dinámica del agua en el suelo de la Huerta Demostrativa e inferir modalidad del riego necesario.

Metodología

Descripción del sitio

El ensayo experimental se llevó a cabo en el predio de la Huerta Demostrativa de la Universidad Católica de Santiago del Estero (27°45´S, 64°15´W, 221 msnm), espacio curricular donde se realizan prácticas de distintas asignaturas con los estudiantes de la Tecnicatura Universitaria en Producciones Orgánicas y Agroecológicas (Resolución N°278/2019, C.S. UCSE). Se encuentra sistematizada en camellones de 1m de ancho y 10m de largo, donde se desarrollan diversos cultivos hortícolas (Foto 1).



Foto 1. Huerta Demostrativa de la Universidad Católica de Santiago del Estero

Fuente: elaboración propia

El suelo es arenoso franco, de acuerdo al análisis de laboratorio de su composición mineral (contenido de arena, limo y arcilla) y a la clasificación del triángulo textural (Conti y Giuffré, 2024) (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis del suelo de la Huerta Demostrativa UCSE

| Código | Descripción | CE _{ex} (dS/m) | pH _{ex} | P (ppm) | COT (%) | N _t (%) | Arcilla (%) | Limo (%) | Arena (%) | Clase textural |
|--------|----------------------|----------------------------|------------------|------------|------------|-----------------------|----------------|-------------|--------------|-------------------|
| 16915 | Sector A/ 0-20cm | 1,09 | 7,4 | 7,2 | 1,4 | 0,11 | 0 | 28 | 72 | Arenoso franco |
| 16916 | Sector A/ 20-40cm | 0,98 | 7,5 | 2,9 | 0,9 | 0,07 | 0 | 25 | 75 | Arenoso franco |
| | Muestra Agua | 0,94 | 7,3 | - | - | - | - | - | - | - |

Referencias: CE_{ex}: Conductividad Eléctrica en extracto de pasta de saturación; pH_{ex}: Potencial Hidrógeno en extracto de pasta de saturación; COT = Carbono Orgánico Total

por Walkley Black ($COT = CO \times 1,3$); Nt = Nitrógeno total por Kjeldhal; P (ppm) = Fósforo extractable por Olsen; Textura: Bouyoucus. Fuente: INTA EEA Santiago del Estero - Laboratorio de Análisis de Suelo y Aguas

El agua de riego es provista a través de una perforación y distribuida mediante un sistema de riego por goteo (mangueras) extendido sobre los camellones (Foto 1). Su calidad es apta para el riego (Tabla 1).

Medición de la humedad del suelo

El contenido de agua en el suelo se obtuvo mediante dos procedimientos:

1. Por medio electrónico

Se instalaron sensores de humedad del suelo a distintas profundidades: 15, 30, 45 y 60 cm, teniendo en cuenta la capacidad exploratoria del sistema radicular de la mayoría de las especies hortícolas. Estos sensores, de tipo capacitivo cuya durabilidad es mayor a los de otros tipos, fueron montados mediante cañerías de PVC para evitar que los cableados de conexión se vean afectados por condiciones ambientales y/o animales (Foto 2).



Foto 2. Montaje utilizado para la disposición de los sensores dentro del suelo

Fuente: elaboración propia

El modelo prototipo desarrollado durante el proyecto y mediante el cual se logró la lectura de los sensores se trata de un sistema de control digital basado en tecnología con microprocesador, donde las entradas (V_i) se corresponde con el grupo de sensores y las salidas (V_o) con el grupo de actuadores.

El denominado HOST se corresponde con una computadora remota centralizadora de la información, la cual es recibida mediante un enlace digital de datos, diagramado como un enlace WEB (WIFI/ETHERNET) (Figura 1).

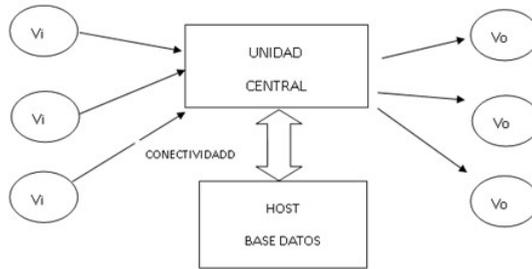


Figura 1. Modelo de sistema de control digital
Fuente: elaboración propia

Los sensores son activados de manera simultánea mediante una señal que a través de un transistor los energiza. Este mecanismo permite un marcado aumento en la eficiencia del prototipo, evitando consumos de energía innecesarios ya que los periodos de medición están espaciados en valores que van desde 30 minutos a 2 horas. Alimentado por una batería de tipo recargable de 12 Volts 7Ah logra una autonomía estimada de 5 días (Fotos 3 y 4).



Figura 1: Foto 3



Figura 2: Foto 4

Fotos 3 y 4. Prototipo funcional diseñado en el Laboratorio de Análisis y Decisión en Sistemas Inteligentes de la UCSE

Fuente: elaboración propia

La estimación del porcentaje de humedad del suelo se obtiene mediante una función de conversión del voltaje medido con los sensores, información brindada por el fabricante.

2- Por extracción de muestra

En 4 fechas se extrajeron muestras de suelo en sitios próximos a la ubicación de los sensores descritos, a fin de contrastar los valores leídos por los sensores con los reales. Las muestras fueron tomadas a 0-15, 15-30, 30-45 y 45-60cm de profundidad. Inmediatamente de extraídas fueron dispuestas en bolsas de polietileno, rotuladas y pesadas, de modo que no pierdan humedad en su traslado al laboratorio. Posteriormente se procedió a su secado, contando para ello con estufas a 60°C, donde permanecieron hasta peso constante, momento en el cual se considera que perdieron la totalidad de agua en su masa (Conti y Giuffré, 2024).

El contenido de humedad se calculó de acuerdo a la Fórmula 1:

$$\% \text{ humedad} = (\text{Phúm} - \text{Pseco}) / \text{Phúm} \times 100$$

donde

% humedad es el porcentaje de humedad en masa que tiene el suelo al ser extraída la muestra.

Phúm es el peso de la muestra de suelo con su contenido de humedad al ser extraída. Pseco es el peso seco de la muestra de suelo luego de haberla secado hasta peso constante

Dinámica del agua en el suelo

Las mediciones del contenido hídrico del suelo se realizaron en dos situaciones de riego, con la finalidad de observar la dinámica del agua en el suelo e inferir su capacidad de retención de humedad a lo largo del tiempo:

- i) a Capacidad de Campo (CC), que es la cantidad de agua que el suelo es capaz de retener luego de ser saturado con agua y dejado drenar libremente por 24 horas
- ii) luego de 3 días sin riego (SR) ni otro ingreso de agua al suelo

Cabe aclarar que no existían especies vegetales sobre los camellones de donde se extrajeron las muestras de suelo y se realizaron las mediciones con los sensores, así como que el suelo estaba cubierto con material vegetal seco en superficie como práctica habitual en la producción orgánica, por lo que no hubo pérdida de agua del sistema a través de transpiración ni evaporación, respectivamente.

Las mediciones de humedad a distintas profundidades de un suelo permiten inferir la dinámica del agua en él, esencialmente la componente vertical.

El sistema de riego localizado implementado en la Huerta Demostrativa es por goteo, vale decir mediante emisores que están ubicados a cierta distancia entre ellos a lo largo de una cinta o manguera de riego, los cuales erogan una determinada cantidad de agua por unidad de tiempo.

El agua así suministrada ingresa al suelo y conforma lo que se conoce como bulbo húmedo, volumen de suelo que se humedece debido a ese aporte de agua. Ese bulbo húmedo tendrá una forma particular, dependiendo de la textura del suelo y por ende su porosidad. Un suelo arenoso genera un bulbo más estrecho y profundo, debido esencialmente a la mayor proporción de poros grandes que facilitan el movimiento gravitacional del agua; por su parte, dado que en un suelo arcilloso prevalecen los poros medianos y pequeños, ese bulbo se extiende más lateralmente.

Resultados

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en las mediciones del contenido de humedad en el suelo a distintas profundidades (0 a 60cm) y regímenes de riego (CC y SR), a través del secado de una muestra del suelo (extracción muestra) o sensores (lectura sensor). En la última columna se comparan ambas mediciones.

Tabla 2. Contenido de humedad a distintas profundidades y regímenes de riego

| Riego | Profundidad (cm) | Contenido de humedad (%) | | Diferencia de lectura (sensor/extracción) |
|-------|------------------|--------------------------|----------------|--|
| | | extracción muestra | lectura sensor | |
| CC | 0-15 | 42,5 | 48 | 1,13 |
| | 15-30 | 69,8 | 68 | 0,97 |
| | 30-45 | 54,2 | 59 | 1,09 |
| | 45-60 | 56,8 | 60,5 | 1,07 |
| | Promedio | | | 1,06 |
| SR | 0-15 | 33,5 | 39 | 1,16 |
| | 15-30 | 57,5 | 59,5 | 1,04 |
| | 30-45 | 46,4 | 50,5 | 1,09 |
| | 45-60 | 50,2 | 55,5 | 1,11 |
| | Promedio | | | 1,10 |

Fuente: elaboración propia

Análisis

Medición de la humedad del suelo

Los valores medidos del contenido porcentual de agua en el suelo fueron diferentes en ambas metodologías utilizadas, tanto en las dos situaciones de riego como a distintas profundidades. En promedio, las lecturas de los sensores fueron superiores en un 6 % y un 10 % en las situaciones de capacidad de campo y sin riego, respectivamente. (Tabla 2).

Las mayores diferencias ocurrieron en la capa más superficial del suelo, entre 0 y 15cm, siendo 13% en CC y 16% en SR. Esto puede deberse a que, cuando es medido mediante la técnica de secado, el contenido de humedad de ese primer tramo es un promedio de esos primeros 15cm, mientras que el sensor hace una lectura de la humedad a los 15cm de profundidad. El suelo que se encuentra más cercano a la superficie tiende a secarse más rápido que el resto del perfil, ya sea por percolación o por evaporación, si bien esta última podría desestimarse por lo comentado acerca de que el suelo se encontraba cubierto en superficie. Este mayor secado lleva a bajar el promedio en ese primer tramo.

Dinámica del agua en el suelo

Como se informara anteriormente, el suelo en cuestión está caracterizado como arenoso franco, vale decir que en su interior el agua aportada tenderá a moverse mayormente de manera vertical. Esta información, previa al diseño del ensayo, se tomó en cuenta al momento de establecer las profundidades, ya que el agua aportada durante el mismo llegaría relativamente fácil a esos 60cm de profundidad.

Las mediciones del contenido de humedad en las situaciones de saturación (CC) y dejado luego sin riego durante 3 días (SR) muestran la dinámica del agua en el suelo, y que se deben solamente a las condiciones del suelo (textura, estructura) ya que como se comentara no hubo evapotranspiración durante el ensayo.

En la tabla 3 se observa que la retención de humedad en cada estrato evaluado no fue similar, sino que aumentó en la medida que se profundizó, yendo de casi un 79% hasta algo más de un 88%. Esto se debe en parte al aporte de agua que hace cada estrato al inmediatamente inferior por la infiltración, siendo consecuencia además de un menor contenido de poros grandes en profundidad debido a la compactación originada por el peso del mismo suelo.

Tabla 3. Contenido y retención de humedad a distintas profundidades

| Profundidad (cm) | Contenido de humedad (%) | | Retención de humedad |
|------------------|--------------------------|------|----------------------|
| | CC | SR | (%) |
| 0-15 | 42,5 | 33,5 | 78,8 |
| 15-30 | 69,8 | 57,5 | 82,4 |
| 30-45 | 54,2 | 46,4 | 85,6 |
| 45-60 | 56,8 | 50,2 | 88,4 |

Fuente: elaboración propia

El mayor porcentaje de humedad se registró en el estrato de 15-30 cm en ambas situaciones de riego. Esto se debió al aporte que hizo el estrato superior en las primeras 24 horas luego de regado hasta saturación (CC), pero mantuvo un valor

muy alto incluso luego de no haberse regado por 3 días (SR).

Conclusiones

Este ensayo permitió, entre otros temas, ajustar parámetros relacionados al riego que se realiza en la Huerta Demostrativa de la UCSE:

- Se contrastaron los valores de contenido de humedad del suelo obtenidos mediante sensores electrónicos con los reales medidos en laboratorio. A pesar de la diferencia encontrada entre ambas metodologías de lectura, de alrededor de un 10 %, el uso de sensores a distintas profundidades es un buen predictor para una decisión instantánea en la necesidad de riego.
- Se obtuvo información sobre la capacidad de retención de humedad a distintas profundidades y a lo largo del tiempo. El perfil de contenido de agua permitió estimar su disponibilidad para las variadas capacidades exploratorias radiculares de los cultivos hortícolas, mientras que la dinámica del agua en profundidad lo hizo con la pérdida de humedad por percolación (20 % en los primeros 30cm, reduciéndose a 15 % y 10 % a los 45 y 60cm respectivamente)
- Las distintas profundidades a las que fueron extraídas las muestras de suelo e instalados los sensores dio una idea del bulbo húmedo generado, permitiendo calcular una frecuencia estimada de riego
- Si bien lo explorado en este ensayo habilitaría para la instalación de un sistema autónomo de riego en la huerta, no se deben descuidar momentos clave en el inicio de los cultivos hortícolas como lo es la siembra (a través de semilla) y el trasplante (plantín). En ambas etapas es fundamental la disponibilidad de agua, sumado a que estos propágulos se encuentran cercanos a la superficie del suelo, donde ocurre la pérdida de agua por evaporación
- Resta ajustar en una próxima etapa la distancia entre los emisores de agua (goteros), que estará en función del diámetro del bulbo húmedo generado y del diseño de implantación de los cultivos

En lo institucional se logró:

- La participación de Técnicos Universitarios en Producciones Agroecológicas y Orgánicas egresados de la UCSE durante la etapa experimental a campo. Además de haber aplicado de manera práctica los conocimientos adquiridos durante su formación profesional, la información obtenida en este ensayo resulta importante para la continuidad y mejora del manejo de la Huerta Demostrativa, facilitando la transferencia de tecnología y extensión mediante prácticas realizadas con sus actuales y futuros estudiantes
- La integración interdisciplinaria entre unidades académicas de la UCSE, Facultades de Ciencias de la Salud y de Ciencias para la Innovación y

el Desarrollo, permitió abordar e interpretar los aspectos agronómicos y tecnológicos, fortaleciendo además los grupos de investigación, con transferencia de conocimientos a nivel de grado

- La provisión a la Huerta Demostrativa UCSE de un equipamiento autónomo para efectivizar la provisión de agua a sus cultivos mediante la automatización del riego, que formará parte de las prácticas en la formación de profesionales dentro de la Tecnicatura en Producciones Agroecológicas y Orgánicas UCSE

Este trabajo es resultado del Proyecto “Control Autónomo Inteligente Autosostenible Orientado a la Agricultura de Precisión y Control en Cultivos Orgánicos”, financiado por la Universidad Católica de Santiago del Estero, Convocatoria SeCyT UCSE 2020-2021.

Bibliografía

Clozza, M.N. 2023. Ecofisiología de cultivos. Guía de estudio de la asignatura Introducción a los Sistemas Productivos Vegetales. Tecnicatura Universitaria en Producciones Agroecológicas y Orgánicas UCSE. 40pp.

Conti, M.E. y Giuffré, L. 2024. Edafología Bases y Aplicaciones Ambientales Argentinas. Editorial Facultad de Agronomía UBA. Buenos Aires. 628pp.

Goites, E. 2008. Manual de cultivos para la Huerta Orgánica Familiar. 1ra. edición. Buenos Aires. INTA. 140pp.

Movia, C.P.; Marlenko, N.; Maggi, A.E.; Navone, S.M.; Raed, M.A.; López, M.V. 2011. Sensores Remotos Aplicados al Estudio de los Recursos Naturales. Editorial Facultad de Agronomía UBA. Buenos Aires. 223pp.

Murphy, G.M. y Hurtado, R.H. 2015. Agrometeorología. Editorial Facultad de Agronomía UBA. Buenos Aires. 512PP.

Resolución N°278/2019. Consejo Superior de la Universidad Católica de Santiago del Estero. Tecnicatura Universitaria en Producciones Agroecológicas y Orgánicas.

Regresar al Sumario