

## EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO MANEJADO EN CAMAS, EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE PAPA

Ernesto Sifuentes-Ibarra<sup>1\*</sup>; Leonardo Lugo-Gaxiola<sup>2</sup>; Juan Carlos Villa-Soto<sup>3</sup>; María del Carmen Rodríguez-Rosales<sup>3</sup> y Jaime Macías-Cervantes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INIFAP-Campo Experimental Valle del Fuerte. Carretera Internacional México-Nogales Km 1609, Juan José Ríos, Sinaloa, México. C.P. 81110

[sifuentes.ernesto@inifap.gob.mx](mailto:sifuentes.ernesto@inifap.gob.mx) y [eblnat68@gmail.com](mailto:eblnat68@gmail.com) (\*Autor de correspondencia)

<sup>2</sup> Rivulis de México SA de CV. Culiacán, Sinaloa, México. C.P. 80300

<sup>3</sup> Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte-Universidad Autónoma de Sinaloa. Calle 16 y avenida Japaraqui, Juan José Ríos, Sinaloa, México. C.P. 81110

### Resumen

Uno de los principales factores que afectan el rendimiento y calidad de la papa es el manejo del riego, por lo que el uso de sistemas de riego de alta eficiencia como goteo, es esencial para el ahorro de agua y productividad del cultivo. La superficie bajo riego por aspersión fija-baja ha aumentado en los últimos años en Sinaloa y no se ha logrado establecer el riego por goteo debido a que no se cuenta con información técnica generada localmente. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del riego por goteo manejado en camas, en el rendimiento y calidad de tubérculos. El estudio se realizó en el norte de Sinaloa, en un suelo plano, profundo, arcilloso, pobre en materia orgánica y sin problema de sales solubles. El 8/12/24 se establecieron cinco tratamientos: 1) CC15 (camas de 1.8 m, con cinta con goteros separados a 15 cm (0.5 L h<sup>-1</sup>), 2) CC30 (camas de 1.8 m, con cinta con goteros separados a 30 cm (1 L h<sup>-1</sup>), 3) SC15 (surcos de 0.9 m con cinta con goteros separados a 15 cm (0.5 L h<sup>-1</sup>), 4) SC30 (surcos de 0.9 m con cinta con goteros separados a 30 cm (1 L h<sup>-1</sup>) y 5) TES (Aspersión fija-baja (AFB) con aspersores Naan-Dan. CC15 tuvo un mayor almacenamiento y uniformidad de la humedad del suelo en los estratos 0-30 y 30-60 cm y el mayor rendimiento, superando los 40 000 kg ha<sup>-1</sup>, sin embargo, registró la mayor cantidad de tubérculos enfermos y deformes; la eficiencia de aplicación osciló en 82% en todos los tratamientos. El incremento en rendimiento en CC15 da la pauta para continuar con este tipo de evaluaciones. Se deben buscar alternativas para reducir la cantidad de tubérculos enfermos y rezagas en camas.

**Palabras claves:** *Solanum tuberosum*, L., Almacenamiento de humedad, Uniformidad de riego.



Después de lo anterior se establecieron cinco tratamientos: cuatro variantes de riego por goteo y riego por aspersión fija baja (AFB) como testigo (TES), como se describe en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Descripción de tratamientos.**

| Tratamientos | Descripción  | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Surcos      |
|--------------|--|------------------------------|-------------|
| CC15         | Camas de 1.8 m, con cinta de riego con goteros separados a 15 cm (0.5 L h <sup>-1</sup> )  | 180                          | 4 (2 camas) |
| CC30         | Camas de 1.8m, con cinta de riego con goteros separados a 30 cm (1 L h <sup>-1</sup> )     | 180                          | 4 (2 camas) |
| SC15         | Surcos de 0.9 m, con cinta de riego con goteros separados a 15 cm (0.5 L h <sup>-1</sup> ) | 180                          | 4           |
| SC30         | Surcos de 0.9m, con cinta de riego con goteros separados a 30 cm (1 L h <sup>-1</sup> )    | 180                          | 4           |
| TES          | Aspersión fija-baja (AFB) con aspersores Naan-Dan.   | 720                          | 16          |
| <b>Total</b> |  | <b>1 440</b>                 |             |

Las camas de los tratamientos CC15 y CC30 se formaron manualmente con azadón y rastrillo uniendo dos surcos, para tener camas de 1.8 m de ancho; enseguida se instalaron las cintas de riego por goteo en la parte superior de surcos y camas, ambos de 50 m de longitud. Los aspersores del tratamiento TES se instalaron en tres líneas regantes separadas a 7 m. Después de la instalación de cintas y aspersores se dio un riego de germinación para uniformizar la humedad del suelo a capacidad de campo en la zona radical. Las variables medidas para la evaluación fueron las siguientes:

- **Humedad volumétrica del suelo.** Esta variable fue tomada mensualmente en dos estratos de perfil de suelo (0-30 cm y 30-60 cm), en las tres repeticiones por tratamiento con un sensor de humedad portátil TDR300 (Field Scout) calibrado localmente.
- **Laminas y eficiencia de aplicación (EA).** Se determinó después de cada riego de auxilio, mediante la ecuación:  $EA = (L_n / L_b) \times 100$ , donde  $L_n$  representa la lamina requerida por el cultivo o lamina neta, la cual se calculó mediante balance hídrico y en función de grados-día desarrollo (GDD), utilizando la plataforma IRRIMODEL 3.0 (Sifuentes-Ibarra et al., 2023).  $L_b$  representa la lamina aplicada, estimada con  $L_b = V / A$ , donde  $V$  es el volumen de agua aplicado (m<sup>3</sup>) y  $A$  la superficie regada (m<sup>2</sup>).
- **Eficiencia de distribución (CUC).** Para esta variable se determinó el coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC) expresado en %, mediante la ecuación reportada por Rendon y Fuentes (2007).

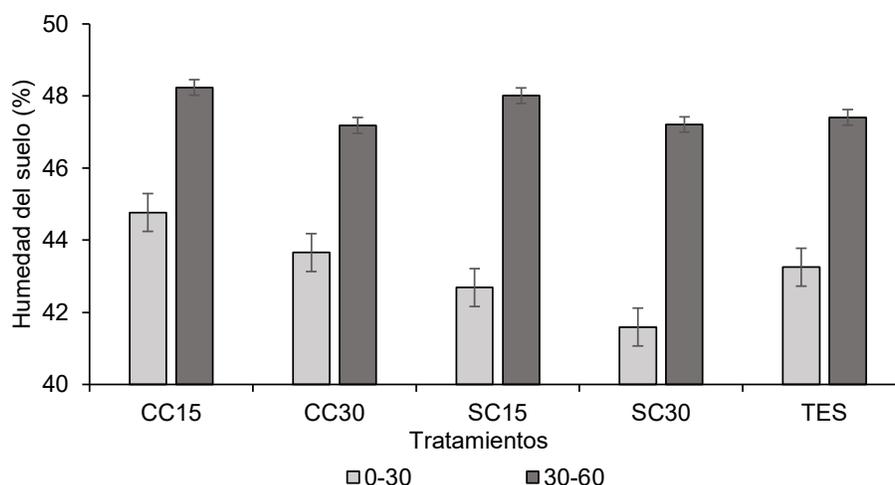
$$CUC = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - X_m|}{n X_m} \right] \times 100$$

Donde  $X_i$  representa la variable usada para estimar CUC, en este caso se consideró la humedad volumétrica del suelo (%),  $X_m$  es el promedio de los valores  $X_i$  y  $n$  el número de sitios de muestreo.

- **Rendimiento y calidad.** Una vez llegado el tubérculo a madurez comercial se cosecho un área de 5.4 m<sup>2</sup>, donde se cosecharon tres muestras representativas por tratamiento, después fue clasificada la muestra de cada repetición mediante una tabla de clasificación de tubérculos en base a la metodología reportada por Sifuentes-Ibarra et al., 2023 en la cual el tubérculo es clasificado con base en el diámetro ecuatorial, calidad, deformes y rezagadas, para después estimar el rendimiento de cada muestra t ha<sup>-1</sup>.

## Resultados y Discusión

La Figura 1 muestra el comportamiento de la humedad volumétrica en los estratos 0-30 y 30-60 cm en el último muestreo (89 DDS). Se observa un contenido de humedad mayor en el tratamiento CC15 debido a la capacidad natural de almacenamiento de agua de las camas y a una mejor infiltración y distribución del agua por efecto de menor gasto y menor separación entre goteros. El tratamiento SC15 mostró también un mayor contenido de humedad en los estratos en comparación con el SC30, esto puede ser por el escurrimiento provocado con mayor gasto. El TES tuvo un comportamiento similar a CC30.



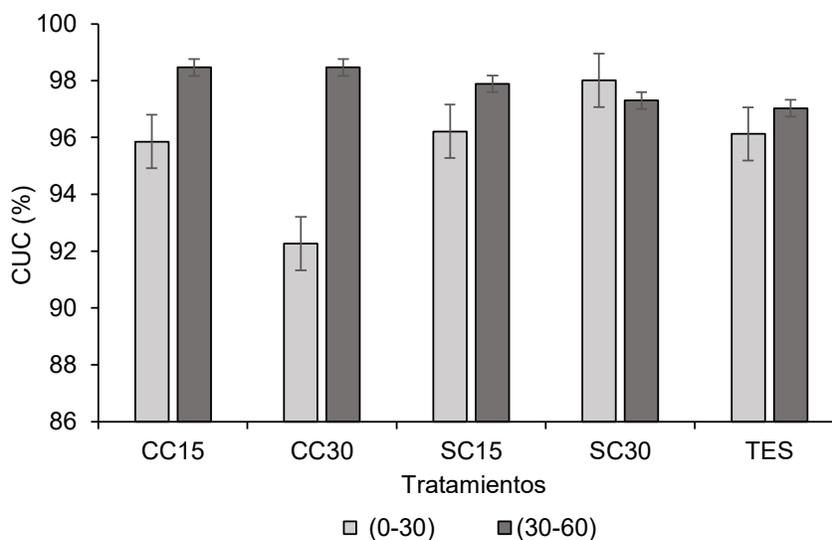
**Figura 1. Contenido de humedad volumétrica del suelo en estratos (0-30 y 30-60 cm).**

En el Cuadro 2 se muestra el resumen de riegos aplicados en los cinco tratamientos, se aplicaron 10 riegos en los cuatro tratamientos de goteo, que incluye el riego de germinación, con intervalos de 4 a 21 días correspondiendo el mayor al primer riego de auxilio, se estimó un requerimiento de 35.9 cm (Ln) con una eficiencia de aplicación promedio de 82.5% resultando en una lámina aplicada (Lb) de 43.5 cm, similar a las encontradas por Attia *et al.* (2017). Respecto al TES (aspersión fija baja), se aplicaron 11 riegos incluyendo el de germinación, con intervalos de 6 a 19 días, una Ln de 36.2 cm y 44.1 cm de Lb que representa una EA de 82%. El intervalo de riego corresponde al primer riego de auxilio.

**Cuadro 2. Resumen de láminas y eficiencias de aplicación (EA) de los cinco tratamientos evaluados.**

| Tratamientos           | Riegos aplicados | Intervalo mínimo (días) | Intervalo máximo (días) | Lámina neta (cm) | Lámina bruta (cm) | Eficiencia de aplicación (%) |
|------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|------------------------------|
| CC15, CC30, SC15, SC30 | 10               | 4                       | 21                      | 35.9             | 43.5              | 82.5                         |
| TES                    | 11               | 6                       | 19                      | 36.2             | 44.1              | 82.0                         |

La uniformidad de riego evaluada a partir de la humedad del suelo, se muestra en la Figura 2, donde los tratamientos CC15 y CC30 tuvieron el valor más alto de CUC con 98.5% en el estrato 30-60 cm, como consecuencia de un mayor almacenamiento de la humedad del suelo. El tratamiento SC30 tuvo el más alto CUC (98%) en el estrato superior debido al mayor gasto y posibles encharcamientos. La uniformidad en TES se comportó similar en ambos estratos con valores de 96 a 97%.



**Figura 2. Uniformidad de la humedad del suelo (CUC) después del último riego del cultivo de papa en los estratos 0-30 y 30-60 cm.**

El Cuadro 3 muestra los resultados de rendimiento y calidad de tubérculos; de acuerdo al análisis de varianza, no hubo diferencia estadística significativa en la variable rendimiento, sin embargo, el tratamiento CC15 fue el mejor con más de 40 000 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que CC30 tuvo el rendimiento más bajo (33 446 kg ha<sup>-1</sup>). Por otro lado, las calidades C1, C2 y deformes si presentaron diferencia estadística significativa, donde CC15 y CC30 presentaron la calidad C1 más alta con 9 768 y 9 469 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que TES y SC30 obtuvieron mayor calidad C2 con 23 543 y 19 817 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. CC15 y SC15 generaron la cantidad más alta de tubérculos deformes con 2 324 y 1 373 kg ha<sup>-1</sup>.

### Cuadro 3. Rendimiento y calidad de tubérculos (C) basada en diámetro ecuatorial (mm), enfermas y deformes (Sifuentes-Ibarra *et al.*, 2023), expresados en kg ha<sup>-1</sup>.

| Tratamiento    | Rendimiento | C1       | C2       | C3        | C4        | Enfermas  | Deformes |
|----------------|-------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| CC15           | 40320 a     | 9768 a   | 17342 ab | 8422 a    | 1938 a    | 524 a     | 2324 a   |
| CC30           | 33466 a     | 9469 a   | 14101 b  | 6694 a    | 1929 a    | 228 a     | 1043 ab  |
| SC15           | 35092 a     | 7756 ab  | 19086 ab | 5657 a    | 1219 a    | 0 a       | 1373 ab  |
| SC30           | 33851a      | 5129 c   | 19817 ab | 6793 a    | 956 a     | 0 a       | 1154 ab  |
| TES            | 34567 a     | 5200 bc  | 23543 a  | 4425 a    | 1175 a    | 0 a       | 222 b    |
| Tukey (p<0.05) | <b>ns</b>   | <b>s</b> | <b>s</b> | <b>ns</b> | <b>ns</b> | <b>ns</b> | <b>s</b> |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

C1 = primera (71-80 mm), C2 = segunda (51-70 mm), C3 = tercera (41-50 mm), C4 = cuarta (31-40 mm), Enfermas = daño por enfermedad, Deformes = crecimiento anormal del tubérculo.

### Conclusiones

La evaluación permitió un mayor análisis del efecto de camas y surcos con riego por goteo, en el rendimiento y calidad de papa. El incremento en rendimiento derivado del uso de camas con cintilla con goteros separados a 15 cm (0.5 L h<sup>-1</sup>), da la pauta para continuar con este tipo de evaluaciones e iniciar el proceso de demostración con productores. Se deben buscar alternativas para reducir la cantidad de tubérculos enfermos y rezagas en camas, asociado probablemente a un exceso de humedad.

### Referencias Bibliográficas

- Attia, M.M.; Abd El-Halim, A.K.; Osman, M.A. Sayed and Khalifa, H.E. (2017). Effect of Irrigation Regimes on Potato Productivity in Sandy Soils under Sprinkler and Drip Irrigation Systems. *Menoufia J. Soil.*, Vol. 2 August. 201–210.
- Rendón-Pimentel, L. y Fuentes-Ruíz, C. (2007). Capítulo 1.3 Eficiencias de riego. En: Manual para diseño de zonas de riego pequeñas. Editores: Benjamín de León y Braulio David. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. p45-51.
- SIAP. (2024). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola>. Fecha de consulta: julio de 2024.
- Sifuentes-Ibarra, E.; Ojeda-Bustamante, W.; Macías-Cervantes, J.; Merino-Leyva, R.I.; Preciado-Rangel, P. y Ruelas-Islas, R.J. (2023). Déficit hídrico controlado y su efecto en el rendimiento y calidad de tres variedades de papa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 14 Núm. 8 (2023), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i8.3202>.
- Steduto, P.; Hsiao, T.C.; Fereres, E. y Raes, D. (2012). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Estudio FAO riego y drenaje 66. ISSN 0254-5284. Roma, Italia. 510p.