

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE DOS MODELOS DE ASPERSORES EN RIEGO POR ASPERSIÓN FIJA, EN EL CULTIVO DE PAPA

Jesús Alejandro Beltrán Félix^{1*}; Ernesto Sifuentes-Ibarra²; Blanca Elvira López Valenzuela¹

alejandrobeltan@favf.mx - Tel. (668) 130-3777 (*Autor de correspondencia)

¹Universidad Autónoma de Sinaloa-Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte. Calle 16 y Avenida Japaraqui, 81110, Juan José Ríos, Sinaloa.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF). Carretera internacional México-Nogales km 1609, Juan José Ríos, Sinaloa, México, 81110.

Resumen

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) es considerado un cultivo básico dentro de la dieta de cientos de personas en el mundo. La actividad agrícola consume más del 80% del agua total disponible a nivel mundial. Se ha propuesto un modelo de riego programado con un modelo integral que tiene como objeto la aplicación de riegos en tiempo adecuado en el cultivo de papa en la región norte del estado de Sinaloa, a su vez mejorar la producción tratando de disminuir y optimizar el uso del agua. Se propuso la evaluación de dos tipos de aspersores y la utilización de un modelo integral de manejo de riego para el cultivo de papa, con el fin de conocer las capacidades operativas de cada uno de los aspersores y su efecto en la eficiencia del riego, en el rendimiento y calidad de tubérculos. Conocer experimentalmente las capacidades operativas de los principales aspersores utilizados en sistemas de riego por aspersión fija, permitirán seleccionar aquellos con las mejores características operativas y utilizarlas para el diseño y evaluación de estos sistemas, que operados mediante programación integral sería posible mejorar la eficiencia en el uso del agua, rendimiento y calidad de las cosechas. Se actualizó la fenología del cultivo de papa variedad Fiana en tiempo térmico en el norte de Sinaloa. El rendimiento obtenido mediante la aplicación del calendario de riegos generado en la plataforma IriiModel generó un rendimiento de 42 t ha⁻¹, mediante la aplicación del modelo integral con el aspersor Xcell Wobbler.

Palabras claves: *Solanum tuberosum* L., eficiencia de uniformidad, rendimiento y calidad, variabilidad climática, adaptación.

Introducción

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) es considerado un cultivo básico dentro de la dieta de cientos de personas en el mundo por ser un importante proveedor de carbohidratos, vitaminas y minerales (Camire, 2016). En México, los principales estados productores son: Sinaloa, Sonora y Chihuahua con un promedio en la producción de 315,955.16, 257,961.30 y 168,628.78 toneladas respectivamente en el periodo 2000 al 2009, solo estos tres estados contribuyen en promedio al 46.45% de la producción nacional en el mismo periodo. Este cultivo es sensible al déficit hídrico (Kafkafi y Trchitzky, 2012; Quiroz, 2012) y la escasez de agua provoca una reducción en la producción de tubérculos (Rodríguez-Pérez, 2010; Quiroz, 2012). Para alcanzar los rendimientos potenciales, el cultivo tiene un requerimiento hídrico de entre 400 a 700 mm (Quiroz, 2012).

La tecnología es un soporte necesario para el tratamiento de la información, y en el campo de la agricultura no podía quedar a un lado México; el sector agrícola es una parte vital del país, por lo que se considera como la mayor proporción de fuerza laboral, proporciona una fuente de ingresos de dinero en el país (Arámbulo-Marin y Salazar-Tapia, 2017). El riego es una práctica indispensable que se debe realizar para alcanzar el potencial productivo del cultivo en zonas de bajas precipitaciones; esto se realizaba mediante sistema de riego convencional por gravedad o de superficie, pero la FAO (2002) argumenta que el riego de superficie es menos eficiente y en ocasiones causa problemas de anegamiento y salinización. El sistema de riego por aspersión presenta una eficiencia de aplicación del 85% del agua que la planta demanda, por lo cual se puede reducir el consumo de agua entre un 30 % y un 60 % (FAO, 2002), sin embargo, el diseño, programación y manejo deficientes reducen sus capacidades con afectaciones importantes en el rendimiento y calidad. Ante esta situación se requiere mejorar la programación, evaluación y desempeño de los componentes de estos sistemas de riego, principalmente los aspersores que tienen impacto directo en la calidad y cantidad de producción en cultivos como papa.

En el norte de Sinaloa, en los últimos 15 años ha aumentado el uso de sistemas de riego de aspersión fija baja los cuales emplean comúnmente los aspersores Naan Dan y Xcell Wobbler, y se carece de una programación del riego eficiente.

Con el conocimiento experimental de las capacidades operativas de los principales aspersores utilizados en sistemas de riego por aspersión fija (presión, lamina de riego, uniformidad de riego), nos permitió seleccionar aquellos con las mejores características operativas y utilizarlas para el diseño y evaluación de estos sistemas, que operados mediante programación integral nos hizo posible mejorar la eficiencia en el uso del agua, rendimiento y calidad de las cosechas.

Por lo anterior, el objetivo de este proyecto fue determinar las capacidades operativas de los principales tipos de aspersores usados en sistemas de aspersión baja, operados mediante programación integral del riego en el cultivo de papa, en el norte de Sinaloa, México.

Materiales y Métodos

Lote experimental

El lote experimental se estableció dentro del CEVAF en las inmediaciones de Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa (Figura 1), en un lote de 0.12 ha bajo riego por aspersión fija-baja. Se evaluaron dos tipos de aspersores.



Figura 1. Mapa de Ubicación del lote bajo estudio CEVAF.

Se estableció un lote experimental en el cual se instalaron tres secciones de aspersores en cultivo de papa. Una sección está compuesta por 12 aspersores de la marca Senninger, modelo Xcell Wobbler y la segunda sección 12 aspersores de la marca Naan Dan, Modelo 5022, como se muestra en la Figura 2.

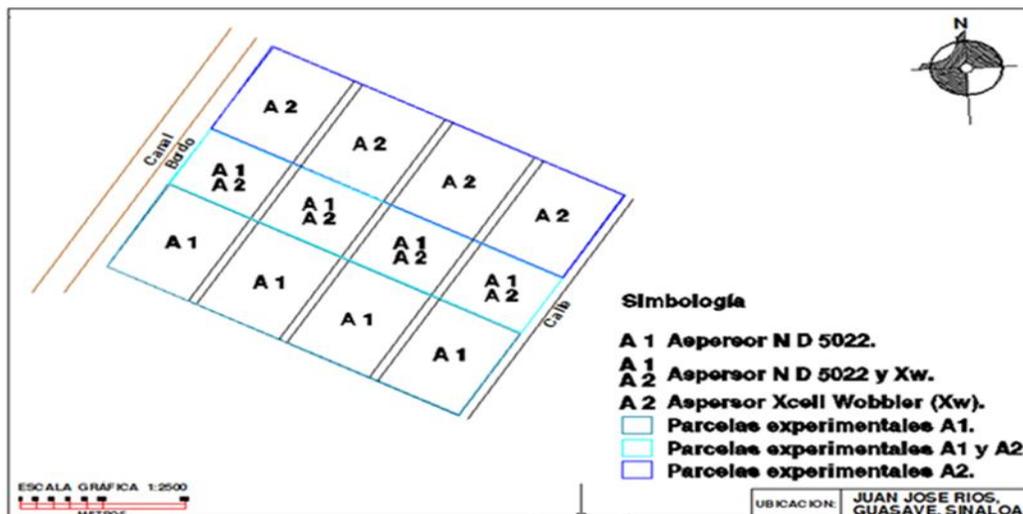


Figura 2. Croquis del lote experimental, INIFAP-CEVAF, ciclo agrícola OI 2021-2022.

VARIABLES MEDIDAS.

La medición de las variables suelo-planta se realizó en forma manual en sitios de muestreo ubicados en cada parcela experimental (repeticiones), como se describe a continuación:

- **Humedad volumétrica del suelo:** Esta variable se midió en dos estratos del perfil de suelo (0-30 y 30-60) utilizando sensor de humedad portátil TDR calibrado localmente en forma gravimétrica. La frecuencia de medición se trató de realizar antes de cada riego.
- **Variabilidad espacial de la humedad del suelo:** La variabilidad espacial se realizó con los valores de humedad en cada repetición, se realizó un análisis de varianza con Infostat (<https://www.infostat.com>) y la ecuación de Christiansen. En la Figura 3 se muestra la toma de muestras de humedad dentro del lote experimental.



Figura 3. Medición de variables de humedad del suelo.

- **Patrón de aplicación:** El patrón de humedecimiento de los aspersores varía con la distancia. La máxima cantidad de agua cae cerca del aspersor y disminuye en la medida que se aleja de éste. Por tal motivo, las áreas de mojado de los aspersores deben tener un traslape completo para aplicar láminas de agua uniforme.
- **Eficiencia de aplicación (Ea):** Es la relación entre el agua realmente almacenada en la zona de raíces de la planta (y por lo tanto disponible para el uso de la planta) y el agua total aplicada durante el riego. La fórmula utilizada para determinar la eficiencia de la aspersión es:

$$Ea = (Ln/Lb) \times 100$$

- **Eficiencia de uniformidad:** Uniformidad es la clave para realizar un riego suficiente y eficiente. Para evaluar esta uniformidad en la distribución en la lámina infiltrada se utiliza el coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC).

$$CUC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |I_i - I_m|}{n I_m}$$

- **Rendimiento y calidad:** El análisis del rendimiento y calidad de la producción se llevó a cabo sacando la muestra de tubérculos en cuatro surcos de 0.80 cm y un metro lineal que dio un área de 3.2 m², esto se hizo en cada uno de los dos tratamientos establecidos y en el área de traslape entre los dos tratamientos, con tres repeticiones por tratamiento. Y se convirtió el resultado a kg/ha por medio de la siguiente formula:

$$Y = \frac{PM}{AM} \times 10\ 000$$

Resultados y Discusión

- **Humedad del suelo:** El TDR entonces mide el tiempo que le toma a la onda viajar por la guía hacia el suelo y regresar. Este aparato registra el tiempo y lo convierte a una lectura de la humedad del suelo. Entre más mojado esté el suelo, más tiempo le toma a la onda magnética viajar por el suelo y regresar por la guía. La Figura 5 presenta el comportamiento de la humedad del suelo medida con TDR en dos estratos (0-30 y 30-60 cm) en los dos tratamientos de aspersores, antes de cada fecha de riego programada por el programa IrriModel.

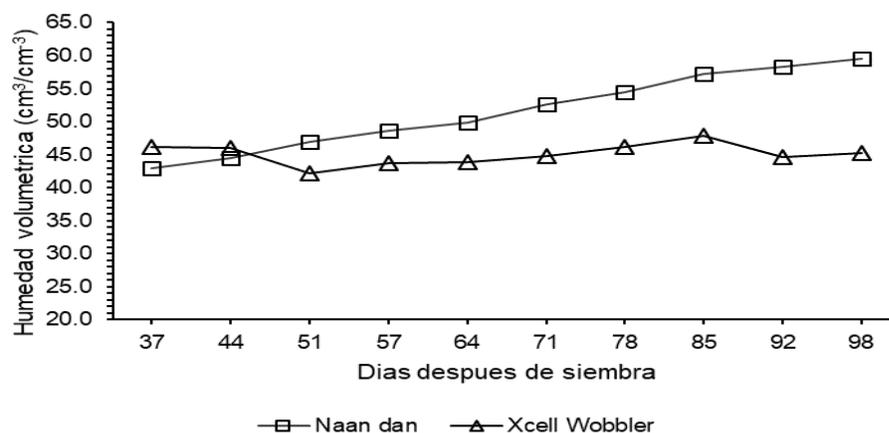


Figura 4. Resultados promedio por riego de la humedad en el suelo obtenida con el sensor de humedad TDR en el área regada por los dos tipos de aspersores.

- **Determinación de la Eficiencia de Distribución (Ed)**, se llevó a cabo al tomar el promedio de las láminas mínimas captadas por los colectores de agua y se dividió entre la lámina promedio captada por los colectores de agua multiplicado por cien como se muestra en la Figura 5.

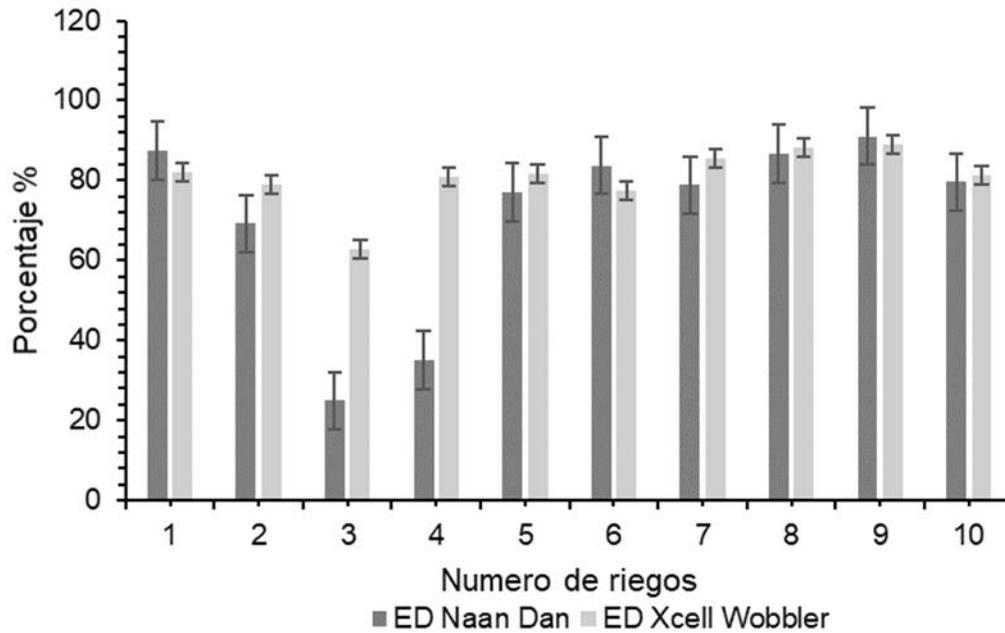


Figura 5. Resultados expresados en porcentaje de la eficiencia de distribución en el tratamiento Naan Dan 5022 y en el tratamiento Xcell Wobbler durante los riegos establecidos.

- **Rendimiento y calidad:** Con la comparación de los dos tipos de aspersores (Xcell Wobbler y Naan Dan 5022), se pudo identificar que en la variedad Fiana hubo un mayor rendimiento por hectárea ($42,617 \text{ kg ha}^{-1}$) con el aspersor Xcell Wobbler, seguido del Naan Dan 5022 (con rendimiento de $38,617 \text{ kg ha}^{-1}$), mientras que en el área de traslape de los dos aspersores fue el más bajo (con un rendimiento de $33,359 \text{ kg ha}^{-1}$) como se presentan en la Figura 6.

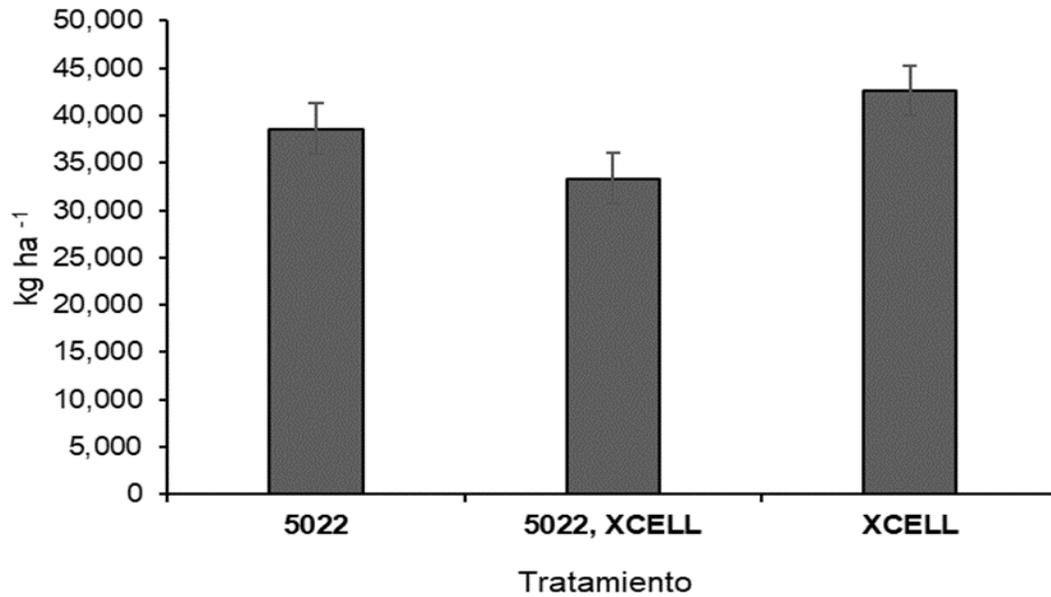


Figura 6. Resultados promedio obtenidos en kg ha⁻¹ de tubérculos en los dos tipos de aspersores y donde se traslapan los dos.

Dentro del proyecto establecido se obtuvieron resultados en cuanto a la calidad de los tubérculos, en el tratamiento Xcell Wobbler se presentaron más kg ha⁻¹ en calidades primeras y segundas, en comparación con el Naan Dan 5022 que presentó más calidades segundas y terceras como se presenta en la Figura 7.

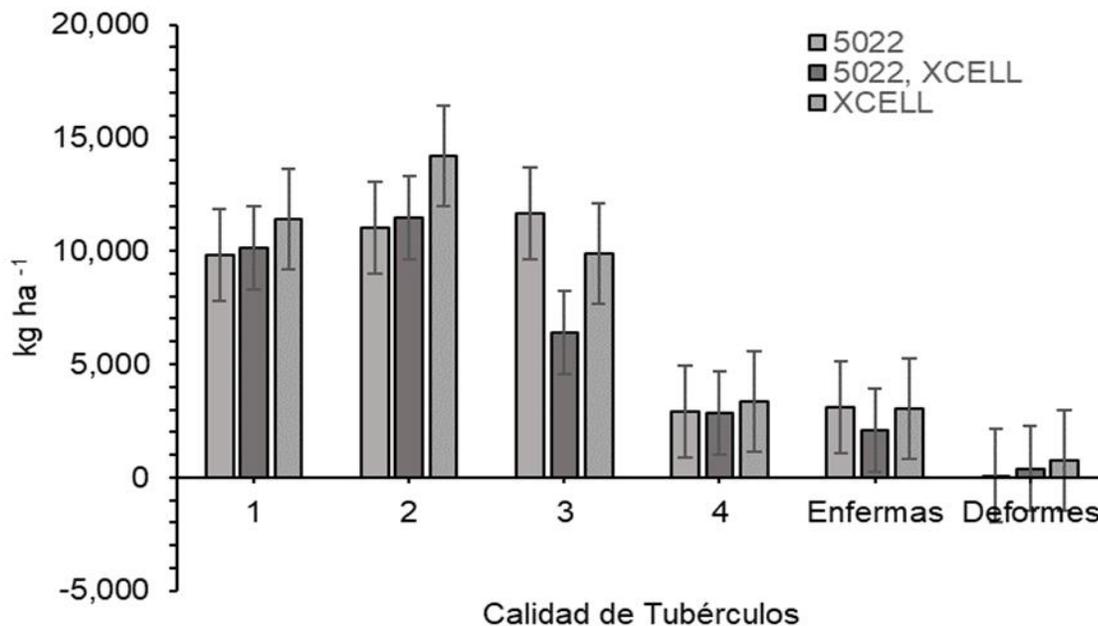


Figura 7. Resultados promedio obtenidos en kg ha⁻¹ en calidad de tubérculos en los dos tratamientos establecidos y donde traslapan los dos.

Conclusiones

- De las capacidades operativas de los dos tipos de aspersores, el Xcell Wobbler tiene un coeficiente de uniformidad más elevado, lo cual clasifica como aceptable.
- El área donde se estableció el tratamiento 2 (aspersor Xcell Wobbler) presentó un mayor rendimiento y calidad de los tubérculos.
- Se actualizó la fenología del cultivo de papa variedad Fiana en tiempo térmico en el norte de Sinaloa.
- Se actualizó la base de datos climáticos para el programa IrriModel.
- Con este proyecto se llegó a la conclusión de que al utilizar el aspersor Xcell Wobbler con programación integral de riego se mejorara la producción del cultivo de papa en el norte del estado de Sinaloa, obteniendo un mayor rendimiento y una mejor calidad de las cosechas.

Referencias Bibliográficas

- Arámbula, A. F., Salazar, A. A. (2017). Diseño y construcción de un prototipo de sistema de riego automatizado con tecnología open source y energía renovable con monitoreo vía web para los huertos organopónicos de la prefectura de las guayas.
- Camire, M. (2016). Potatoes and Human Health. En: Singh, J.; Kaur, L. (eds). Advances in Potato Chemistry and Technology. Elsevier Inc., p, 685-704.
- FAO. (2002). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2002. Superar los desafíos relacionados con el agua en la agricultura. Roma. <https://doi.org/10.4060/cb1447es>
- Kafkafi, U., Tarchitzky, J. (2012). Fertirrigación, una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA) e Instituto Internacional de la Potasa, p 151. https://www.ipipotash.org/udocs/391-2012_ifa_ipi_fertirrigacion.pdf.
- Quiroz, R. (2012). Papa o patata. En: Steduto, P.; Hsiao, T.; Fereres, E.; Raes, D. (eds). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura (FAO). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i2800s.pdf>, p 530.

- Rodríguez-Pérez, L. (2010). Ecofisiología del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Rev. Colomb. Cienc. Hortic*, 4 (1), 97-108.
- Sifuentes, E., Ojeda, W., Vázquez, P., Gutiérrez, A. (2003). Manejo del agua en módulos de riego bajo condiciones de escasez de agua: aplicación al distrito de riego 075. *Fundación Produce Sinaloa, A.C. Culiacán, Sinaloa*.
- Sifuentes, E., Macías, J. (2015). Programación Integral y Gestión del Riego a Través de Internet. Manual del Usuario. Versión 2.0. Folleto Técnico No. 42. P. 36.
- Sifuentes, E., Macías, J., Apodaca, M. A. y Cortez, E. (2008). Predicción de la fenología de papa (principios y aplicaciones prácticas). *INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto Técnico No. 32. Los Mochis, Sinaloa, México. 54 p.*