

Diagnóstico y evaluación de un sistema de riego tipo Pivote Central

Cruz Octavio Robles Rovelo^{1*} Miguel Servin Palestina², Jesús Antonio García³, Orlando Ramírez Valle⁴

¹Docente-Investigador. Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas”. Jardín Juárez 147 Col. Centro, Zacatecas, Zacatecas, C.P. 98000. México.

²INIFAP - Campo Experimental Zacatecas. Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, 98500 Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México

³Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km. 38.5, CP 56230, Chapingo, Estado de México, México.

⁴INIFAP- Campo Experimental Delicias, Km. 2 Carretera Delicias Rosales. 33000 Cd. Delicias, Chih., México

octavio.robles@uaz.edu.mx – 311 392 3434 (*Autor de correspondencia)

Resumen

El presente trabajo reporta un diagnóstico de un sistema de riego con pivote central localizado en una comunidad de Zacatecas con la finalidad de proporcionar recomendaciones que permitan eficientar el agua usada e incrementar la productividad de cultivos. Para lo anterior se hizo la evaluación recolectando el agua de riego con pluviómetros y, mediante el uso de un software para simulación del riego en este tipo de sistemas, se determinaron los diferentes índices de calidad de riego. Posterior a la simulación, se rediseñaron las boquillas para una mejor distribución de agua. Las condiciones actuales de operación indicaron una mala distribución de la lámina de riego y una eficiencia de aplicación global de aprox. 76% a una velocidad de 2.57 m/min, se proponen las láminas de riego para cada cultivo: pasto con 3.5 cm y maíz de 4.5 cm y de 8 cm para el establecimiento de los cultivos.

Palabras claves: Empic, eficiencias de riego, evaluación.

Introducción

De acuerdo con la ONU, la población global es de aprox. 8100 millones de personas en la actualidad, y se pronostican 8500 millones para el año 2030, 9700 millones para el año 2050 y aprox. 10 350 millones al 2100 con una tasa de incremento aproximada de 83 millones de personas por año. Este 29% de incremento poblacional al año 2050 supone incrementar la producción de cultivos en un 30%-40% para abastecer la demanda mundial e incrementar un 15% las extracciones de agua (FAO, 2009; ONU, 2017; FAO, 2018).

De acuerdo con el informe de Alexandratos y Bruinsma (2012) sobre la proyección mundial de la agricultura al año 2050, se estima una tasa de crecimiento anual de 0,8% en la producción de cultivos entre el año 2030 y 2050, de la cual el 90% se llevará a cabo en países en desarrollo contribuyendo en un 74% de la producción mundial. Para lograr este crecimiento, los autores reportan que es necesario incrementar tres aspectos: el rendimiento de cultivos en un 80%, la superficie de tierra cultivable en un 10% y la intensidad de cultivos en un 10%.

El logro de los dos primeros puede darse al implementar un sistema de riego presurizado. Al año 2022 más de 257 mil km² fueron sembradas en México y divididas en un 74% en agricultura de temporal y 26% bajo algún sistema de riego. De la superficie correspondiente a riego, más del 75% se hizo bajo una práctica de riego superficial mientras que el resto se divide en los otros sistemas de riego (INEGI, 2024).

Los sistemas de riego presurizado bien diseñados y operados pueden lograr eficiencias totales de 55 a 95 %. Los parámetros indicadores del desempeño del riego pueden dividirse en: la uniformidad de distribución (UD), la eficiencia de aplicación (Ea) y global (Eg). La eficiencia de en la zona radical (Er), la eficiencia de captación (Ec), las pérdidas por percolación (P) y el déficit de riego (D). Cada sistema de riego presurizado tiene una eficiencia determinada y su elección dependerá del tipo de suelo, vegetación y manejo; así por ejemplo, un riego por goteo puede llegar a una eficiencia muy alta del 95%, mientras que en aspersión en términos generales, al 80%. Se estima que en sistemas de aspersión o micro aspersión se puede llegar a perder hasta un 20% por evaporación o arrastre de gotas que se encuentran en contacto con la atmósfera. De acuerdo con Ojeda et al. 2007 se resumen eficiencias globales para diversos sistemas de riego a presión (Cuadro 1.).

Cuadro 1. Eficiencia de riego global (Eg) para sistemas de riego presurizados.

Tipos de sistema de riego	Eg (%)
Portátil	60-85
Siderol	60-85
Cañon viajero	55-80
Pivote Central alta presión	65-85

Pivote Central baja presión	75-90
Avance frontal	80-80
Fijo	70-85
Lateral	80-95
Goteo	70-90
Microaspersión	75-90

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la situación de operación y calidad del riego de un pivote central localizado en Zacatecas proporcionando el diagnóstico al agricultor y proponiendo mejoras al mismo para incrementar la productividad de cultivos y eficiencia en el uso del agua.

Materiales y Métodos

El predio en estudio está ubicado en la comunidad “El Magueyito” localidad de Malpaso, municipio de Villanueva del estado de Zacatecas, México, a 12 km de la carretera Malpaso-Jerez y se toma un camino de terracería a la izquierda por 8.8 km (Figura 1a).

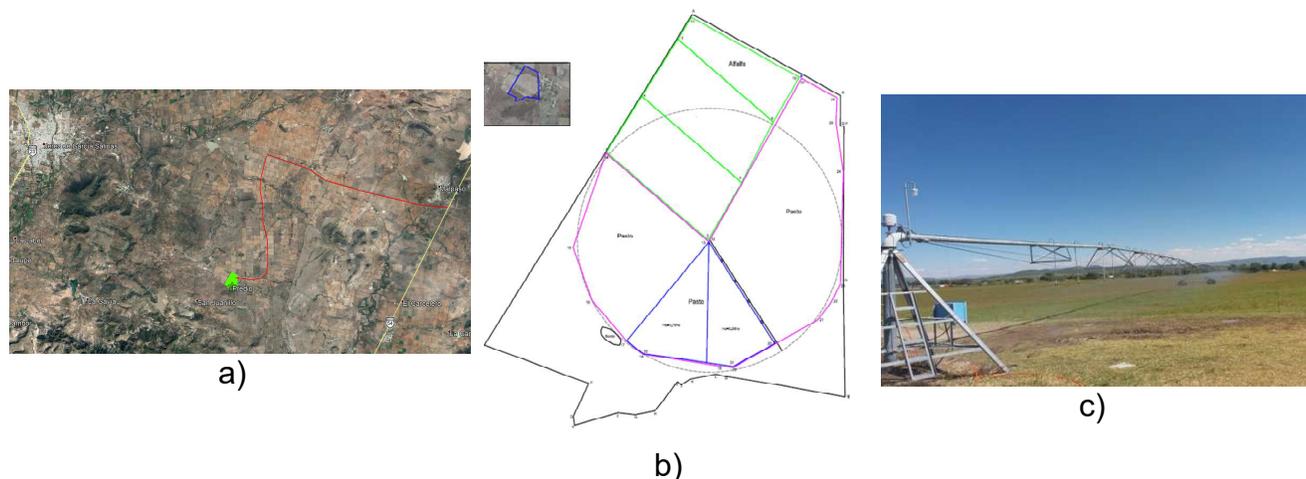


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio. a) Localización geográfica del “El Magueyito”, b) características de parcela y cultivos, c) panorámica del sistema de riego.

La región presenta un clima seco y semiseco con una temperatura media anual es de 17°C, la temperatura máxima promedio es alrededor de 30°C y se presenta en el mes de mayo, la temperatura mínima promedio es de 3°C y se presenta en el mes de enero. Con una precipitación media estatal es de 510 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a septiembre. Las condiciones climáticas del predio se pueden consultar en la estación agroclimática Santa Fe de INIFAP ubicada a 1.5 km del predio.

Situación actual del sistema de riego

El predio cuenta con un pozo profundo con un gasto de 24-28 litros por segundo, de acuerdo al levantamiento planimétrico que se realizó en el predio tiene una superficie de 49.34 ha en total. La superficie de riego con pivote central de 304 metros de longitud que sirve para regar

29.17 ha donde 22.76 ha están establecidas con pasto y 6.23 ha están disponibles para cultivos forrajeros anuales. (Figura 1b). El sistema de riego es un pivote central fijo de 5" con 4 torres y un espaciado entre torres de 56 metros y una pluma colgante de 24 metros dando una longitud de 304 metros de radio y una superficie de riego de 29 ha (Figura 1c).

En el pivote se encuentran distribuidos 113 rociadores (Cuadro 2) marca Senninger modelo Súper Spray con boquilla LDN (Boquilla de baja presión) roscable y con deflectores de forma plana con superficie de ranura media para el control de rociado con gota media con un diámetro de mojado de 3 m y una presión de operación de 15 PSI. El primer emisor se ubica a los 7.07 m del punto pivote, el espaciado entre emisores es de 2.88 m a excepción de la última boquilla localizada al final de pivote que es de medio círculo y de 20 mm.

Cuadro 2. Sistema actual de boquillas instaladas en el pivote del magueyito.

No. de boquillas	tamaño de boquilla (mm)	Color
6	6.0	Amarillo
9	6.5	Amarillo
4	7.0	Verde
5	7.5	Verde
3	8.0	Violeta
9	8.5	Violeta
6	9.0	Gris Opaco
9	9.5	Gris Opaco
6	10.0	Verde tenue
9	10.5	Verde tenue
11	11.0	Amarillo opaco
9	11.5	Amarillo opaco
10	12.0	Rojo
9	12.5	Rojo
5	13.0	Blanco
1	13.5	Blanco
1	14.0	Azul cielo
1	20.0	Verde (giro de medio círculo)

Los trabajos de evaluación fueron realizados el día 21 de octubre a las 14:30 horas colocando 30 pluviómetros de 10.5 cm de diámetro a lo largo de pivote con una separación de 10 m. Las condiciones de la evaluación fueron en un día soleado con una temperatura de 27.5°C, velocidad de viento máxima de 3.5 m/s con espaciado de aspersores de 2.88 m. Las evaluaciones de riego permitieron obtener la eficiencia de aplicación, de aprovechamiento radicular, la global, el déficit y área eficientemente regada, de acuerdo a las metodologías convencionales y establecidas por INIFAP (2007) en el manual del Empic 2007 (Evaluación de Pivote Central).

Finalmente se realiza una simulación mediante el software Empic con el rediseño propuesto en la que se muestra la lámina simulada (Figura 2).

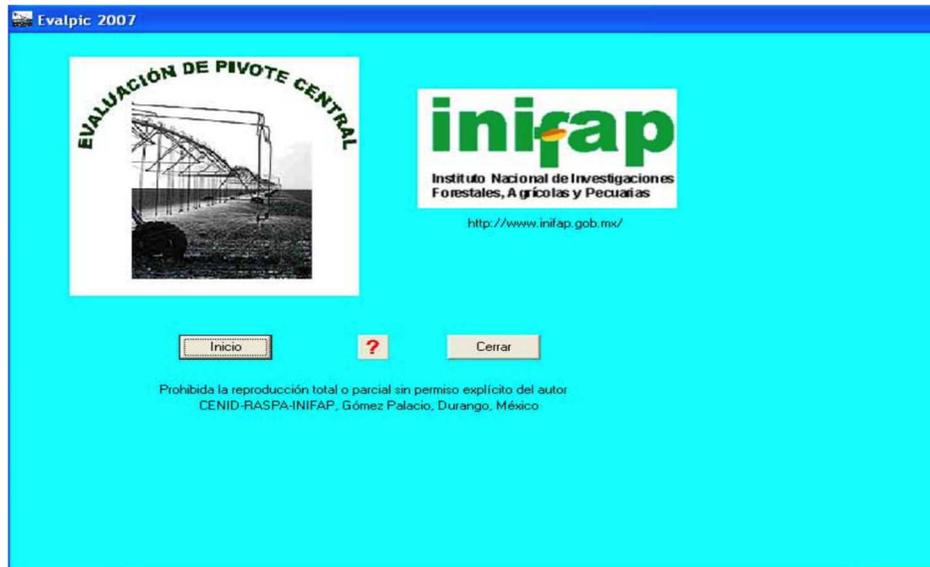


Figura 2. Pantalla principal de Empic (INIFAP, 2007)

Resultados y Discusión

La eficiencia global fue de alrededor de un 76% en el mismo sentido que la distribución de uniformidad, un déficit de riego de 46%, un 26% de área que no fue efectivamente regada con volumen de riego de 1176 m³ y una lámina promedio medida de 0.5 cm (Figura 3), lámina de riego requerida de 1.1 cm y lámina de riego absoluta de 2.2 cm. Se observa que a los primeros 110 m del pivote unas láminas muy altas que pueden traer problemas de encharcamiento y de los 170 a los 300 m se observan láminas muy bajas, con estas fluctuaciones se observa una mala distribución del agua de riego a lo largo del pivote.

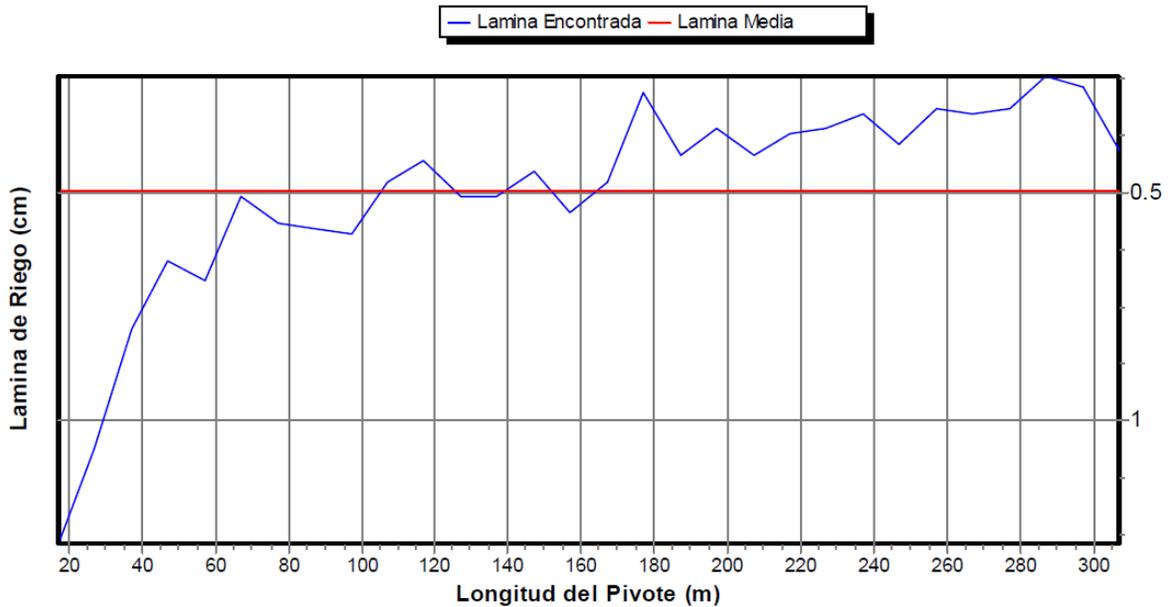


Figura 3. Gráfico de distribución del riego medida en el el sistema de pivote central

La Figura 4 muestra la dispersión al correlacionar una lámina aplicada adimensional y la lámina requerida adimensional para las diferentes áreas desde el punto pivote. La lamina aplicada se ajustó a un modelo lineal de la forma: $y = mx + b$. Donde se observa un valor de la pendiente de 1.3377 que no aceptable ya que se recomiendan valores menores de 0.5, con lo que respecta a la constante equivalente a 0.5215 el cual debe estar cercano a la lámina requerida es decir a 1.27 cm por lo que se puede deducir que faltó lámina aplicada y se sugiere corregir disminuyendo la velocidad del pivote modificando a su vez las eficiencias.

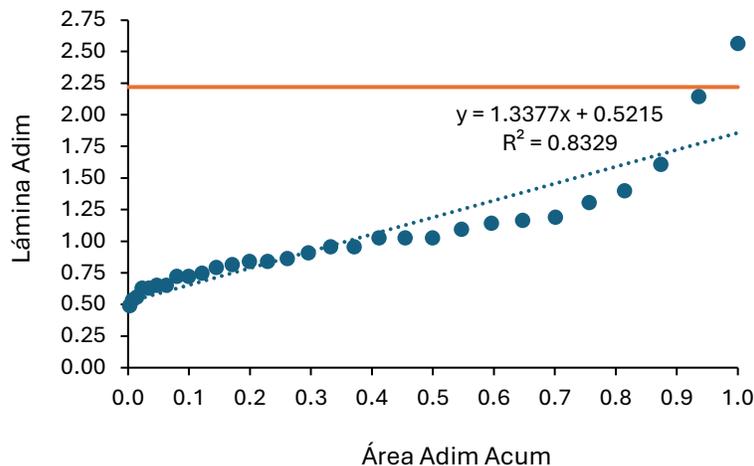


Figura 4. Distribución de láminas de riego en las diferentes áreas a partir del pivote.

Diagnóstico y alternativas de mejora

Respecto al sistema de riego se observó una baja eficiencia por una mala distribución del agua de riego a lo largo del pivote debido a un mal diseño y selección de boquillas; asimismo se

Dk. Green	17	7	1483	10381	2.884	0	7
Dk. Green	17.5	1	1572	1572	0.437	0	1
Dk. Green (Medio Circulo)	17	1	1483	1483	0.412	0	1
		113			24.969		52

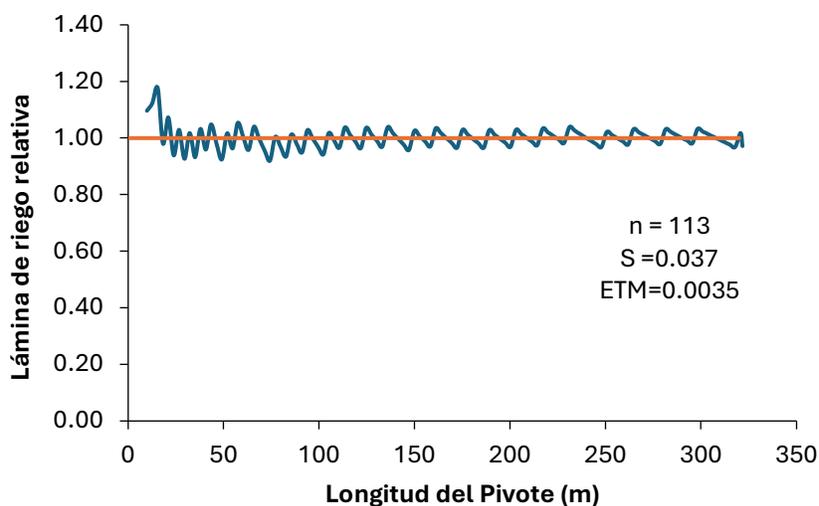


Figura 5. Simulación de la distribución de lámina de riego con rediseño de boquillas del pivote con el software Empic.

Conclusiones

Los resultados de este estudio evidencian la necesidad de optimizar los sistemas de riego para garantizar un uso eficiente del agua y maximizar la productividad agrícola. En el caso del pivote central evaluado, las alternativas propuestas permitirán alcanzar una eficiencia del 85%, lo que se traduce en un ahorro significativo de agua y energía. Además, la programación de riego basada en la evapotranspiración permitirá adaptar la aplicación de agua a las necesidades reales del cultivo, reduciendo el riesgo de estrés hídrico y mejorando la calidad de los productos. Se recomienda implementar estas medidas en otros sistemas de riego similares para promover una agricultura más sostenible y eficiente en el uso de los recursos. Asimismo, se recomienda una evaluación periódica en el sistema de riego para ver su funcionamiento en cuanto a eficiencias ante diversas condiciones de velocidad de viento. La simulación mediante algunas herramientas, permite ampliamente obtener recomendaciones que se vean reflejadas en un ahorro/ganancia directo para el agricultor.

Referencias Bibliográficas

Alexandratos, N., Bruinsma, J., 2012. World agricultural towards 2030-2050: the 2012 revision. FAO, ESA Working Paper No. 12-03.

FAO, 2009. High Level Expert Forum - How to Feed the World in 2050. Global agriculture towards 2050. Rome 12-13 October 2009. p.4. (http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf).

FAO, 2018. The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Summary version. Rome, Italy, p. 68. (<http://www.fao.org/3/ca1553en/CA1553EN.pdf>).

INEGI, 2024. Estadísticas a propósito del día mundial del agua: desafíos y oportunidades en el uso agrícola en México. (https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2024/EAP_DiaMundAgua.pdf)

INIFAP, 2007. Evaluación de sistemas de riego presurizado: programa de cómputo para pivote central. CENID-RASPA, Gómez Palacio Durango, Folleto científico 21, 978-970-43-0165-1.

ONU, 2017. World population 2017. Department of economics and social affairs. Popular division. p.2. (www.unpopulation.org).