

11

Fecha de presentación: septiembre, 2020

Fecha de aceptación: octubre, 2020

Fecha de publicación: diciembre, 2020

UNIFORMIDAD DEL RIEGO DE LAS MÁQUINAS DE PIVOTE 4 Y 9 DE LA EMPRESA AGROPECUARIA HORQUITA

UNIFORMITY OF IRRIGATION OF PIVOT MACHINES 4 AND 9 OF THE AGRICULTURAL ENTERPRISE HORQUITA

Reinaldo Pérez Armas¹

E-mail: rpereza@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6377-8993>

Roberto Fernández Mass²

E-mail: robertofernandezmass2020@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3240-3862>

Héctor Hernández Hernández³

E-mail: hector@dpe.cf.rimed.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1809-0177>

Lissette Ponce Rancel¹

E-mail: lponce@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0889-7492>

¹ Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez" Cuba.

² Empresa Agropecuaria Horquita. Cienfuegos. Cuba.

³ Dirección Provincial de Educación. Cienfuegos. Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Pérez Armas, R., Fernández Mass, R., Hernández Hernández, H., & Ponce Rancel, L. (2020). Uniformidad del riego de las Máquinas de Pivote 4 y 9 de la Empresa Agropecuaria Horquita. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(3), 70-76.

RESUMEN

Con el objetivo de Determinar la uniformidad del riego de las máquinas de pivote central 4 y 9 de la UBPC Victoria de Girón de la empresa agropecuaria Horquita se realizó esta investigación. Se hizo una caracterización edafoclimática del área relacionándola con el cultivo de la papa (*solanum tuberosum* L.) con las variedades Romano, Spunta y Santana. Se describe las características de funcionamiento de las máquinas de pivote central modelo western, las que fueron comprobadas durante su explotación mediante dos evaluaciones pluviométricas empleando el método de Heermann y Hein y cuyos resultados fueron procesados con el software Pluviopivot. Se determinaron los indicadores de calidad área regada adecuadamente (ARA), área regada excesivamente (ARE) y área regada insuficientemente (ARI). Se obtiene como resultados principales que las condiciones edafoclimáticas y de las máquinas son propicias para que el cultivo se desarrolle normalmente, la uniformidad del riego se vio influenciada por el funcionamiento de las boquillas en la máquina 4 y que los indicadores de calidad del riego de la máquina 9 son superiores, aunque en ninguno de los dos casos llegan al 60 % del ARA.

Palabras clave:

Riego, uniformidad, pivote central, rendimiento, pluviometría, pluviopivot.

ABSTRACT

The Present investigation was realized at the UBPC Victoria de Girón in Horquita Agriculture Enterprise for the sake to determine the uniformity of the irrigation of the machines of central pivot 4 and 9. The soil, climate and the area relating with the cultivation of the potato went through a characterization, they describe the characteristics of functioning of the machines that were proven in their exploitation, two pluviometric evaluations by the method of Heermann and Hein that the data that were defendants with the software contributed Pluviopivot and realized themselves area watered adequately, area watered excessively and area watered insufficiently determined the indicators of quality themselves. The cultivars planted were Romano, Spunta and Santana. They obtain themselves like main results than conditions of soil, climate and the machines are propitious in order that cultivation develops normally, the uniformity of irrigation looked influenced by the functioning of mouthpieces in the first machine and then the indicators of quality of the irrigation of the machine 9 are superior to the ones belonging to 4 although in no one of the two cases they get to 60 % of the AIA.

Keywords:

Irrigation, uniformity, central pivot, pluviometry, pluviopivot, potato.

INTRODUCCIÓN

El agua es un factor clave en la sociedad humana y su cuidado es un desafío constante (Samian, et al., 2015). Los crecientes niveles de competitividad en el mercado agrícola actual, han motivado la imperiosa necesidad de optimizar los recursos e insumos empleados en los sistemas productivos. Uno de los principales insumos en la agricultura es el agua, que hoy en día no tiene un valor monetario real, por lo que los agricultores no pagan por su uso o por lo menos no por el volumen que usan, sino sólo por la mantención de la infraestructura y sistemas de conducción (Correa, 2003).

En Cuba se impone la necesidad de un uso sostenible del agua y de la creación de una mayor cultura al respecto, compulsada entre otros factores, por su carestía relativa en zonas vulnerables, la pérdida de su calidad original por efecto de la actividad antrópica en determinadas áreas y las pérdidas en su conducción por ineficiencia en los sistemas en operación y por la aplicación de tecnologías inadecuadas, con énfasis en el riego de cultivos agrícolas. Esta necesidad se afianza, además, por un contexto climático complejo que está determinando la ocurrencia más frecuente de fenómenos extremos (sequías prolongadas y huracanes) (Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 2009).

La agricultura es uno de los principales consumidores de agua y ante el aumento acelerado de la población mundial no hay otra alternativa que incrementar la producción de alimentos, lo cual es posible por dos vías principales: el incremento de las áreas agrícolas y el incremento de los volúmenes de producción por unidades de área (rendimientos). El manejo de la humedad del suelo es, entonces, un factor clave cuando se trata de mejorar la producción agrícola (Benítez & Castellanos, 2010).

Una evaluación de los registros de la lluvia caída en Cuba, entre los años 1931-2000, muestran un descenso de 1 468 a 1 335 mm de la lluvia hiperanual. Este evento de sequía constituyó el más crítico de esta naturaleza que ha enfrentado Cuba desde el pasado siglo (año 1901), y se ha convertido en un fenómeno cíclico, pues una sequía recurrente ha comenzado en el país desde el 2008, con énfasis especial en las provincias orientales (Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 2009).

Las máquinas de pivote central están entre los sistemas de riego más populares en el mundo. Ellas han hecho fácil y muy eficaz el riego en muchas áreas donde otros métodos de irrigación no son adecuados. Durante las últimas tres décadas, las máquinas de pivote central se han perfeccionado mucho. Estos equipos permiten un notable ahorro de agua y energía al compararse con otras técnicas como la aspersión tradicional y los pivotes de accionamiento hidráulico (González, 2006).

De acuerdo con Camejo, et al. (2017), la introducción de las máquinas de pivote central con boquillas de baja presión (spray) y bajantes colocados de 1 m a 2 m del suelo en la papa ha jugado un papel destacado en los resultados obtenidos, ha permitido mejorar considerablemente la calidad del riego, al incrementar el coeficiente de uniformidad que oscilaba entre 65 % y 70 % cuando se regaba con aspersores de impacto hasta valores de 80 % a 86

%, produciendo un incremento notable en los rendimientos que han llegado de 35 - 40 t.ha⁻¹.

La evaluación de la calidad y uniformidad del riego con máquinas eléctrica de pivote central no ha sido estudiada en la provincia de Cienfuegos y se conoce muy poco sobre la influencia de estos indicadores en el cultivo de la papa, el que se planta en la Empresa Agropecuaria Horquita, la que por su importancia estratégica ha sido beneficiada continuamente con los cambios de tecnología en los sistemas de riego. A partir de esta situación se realiza esta investigación con el objetivo de determinar la uniformidad del riego de las máquinas de pivote central 4 y 9 de la UBPC Victoria de Girón de la empresa agropecuaria Horquita.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el periodo comprendido de noviembre a marzo tomando como escenario las máquinas de pivote central 4 y 9 de la UBPC Victoria de Girón de la Empresa Agropecuaria Horquita, se encuentra ubicada en los cuadrantes cartográficos (44. 126.64 y 44. 126. 74) colinda por el Norte con el asentamiento de Horquita, por el Oeste con la UBPC Cuba Libre, por el este con terrenos de campesinos de la CCS Antonio Maceo y por el Sur con la Granja 7 de la propia empresa

Se caracteriza el suelo a partir del mapa 1:25 000 del Instituto de Suelos (1989), el mismo está representado por tres contornos, presenta proceso de evolución Ferralítico, con una alteración casi completa de los minerales primarios y materia orgánica bien evolucionada, originado a partir de roca caliza. La clase textural que presentan es Arcilla Caolínica, el drenaje superficial e interno es bueno, la profundidad efectiva variable de un contorno a otro (50, 145, 208 cm)

Se caracteriza el clima a partir de los datos de las variables climáticas aportados por la estación meteorológica de Aguada de Pasajeros los que se relacionan

Para el día de las mediciones se tomaron en el propio lugar con el empleo de equipos portátiles, haciendo observaciones cada 15 minutos de temperatura, humedad relativa, Velocidad y dirección de viento

La caracterización de la máquina se hizo consultando el catálogo que da el fabricante, el que se comprobó en las visitas realizadas donde se observan los parámetros de trabajo, los componentes de las máquinas y su funcionamiento.

Las dos máquinas objeto de este estudio presentan características técnicas similares según el catálogo de las mismas (tabla 1).

Tabla 1. Características técnicas de las máquinas western 4 y 9.

Parámetros	UM	Máquina 4 y 9
Longitud	m	440
Área	ha	60,9
# de torres	U	8
Gasto o caudal	L.s ⁻¹	78,61
Hidromódulo	L.s ⁻¹ .ha ⁻¹	1,4

Presión de trabajo	bar	3,4
Altura boquilla	m	1
Velocidad máxima	m.min ⁻¹	5,06

Para la evaluación de las máquinas se empleó la metodología descrita por Lamelas (2011), se emplea como materiales: vasos pluviométricos de forma cilíndrica y tamaño uniforme, con los bordes agudos y sin deformaciones, manómetro, cronómetro, probeta graduada de 100 cm³, cinta métrica de 50 m, anemómetro, medidor de gasto

Los volúmenes recolectados se procesaron con el paquete Pluviopivot (Pacheco & Pérez, 2010) con el que se determinó:

- Lámina media ponderada (Lm_p)

$$Lmp = \frac{\sum_{i=1}^n C_i D_i}{\sum_{i=1}^n D_i} \text{ (mm)}$$

- Lámina media ponderada en el 25 % de la superficie peor regada (Lm_{25%p}). Es similar a la lámina media, pero se toma el 25 % de los pluviómetros que menos agua interceptaron

$$Lmp_{25\%} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i D_i}{\sum_{i=1}^n D_i} \text{ (mm)}$$

- Coeficiente de uniformidad de Heerman y Hein (CU_h)

$$CU_h = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n D_i |C_i - M_c|}{\sum_{i=1}^n C_i \cdot D_i} \right] \cdot 100 \text{ (%)}$$

- La Uniformidad de Distribución (UD)

$$D_{25\%} = 100 \cdot \frac{V_{25\%}}{V} = \frac{100}{V} \left(\frac{\sum L \cdot \delta}{\sum \delta} \right)_{25\%} \text{ (%)}$$

Evaluación de la uniformidad y calidad del riego con las máquinas de pivote central empleando la metodología propuesta por Tarjuelo (2005). Con los datos obtenidos en las evaluaciones pluviométricas se determinaron los parámetros de calidad del riego y su uniformidad:

- La altura media recogida (AMR): representa la lámina media recogida por los pluviómetros instalados a lo largo de toda la máquina y ponderado por la distancia. Este valor se obtiene después de procesada con el programa pluviopivot la lámina recolectada con cada pluviómetro
- Área regada adecuadamente (ARA): $0.85(AMR) \leq ARA \leq 1.15(AMR)$. Representa las áreas que reciben entre el 85 y el 115 % de la lámina media
- Área regada excesivamente (ARE): $1.15(AMR) < ARE$. Representa el área que recibe una lámina superior en un 15 % a la lámina media

- El área regada insuficientemente (ARI): $0.85(AMR) > ARI$. Representa el área que recibe una lámina inferior en un 15 % a la lámina media

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de las condiciones del clima en el periodo evaluado no se diferencia de manera notable de otros años, por lo que se ha considerado a este como un año típico donde a excepción de la sequía, que sigue golpeando, las demás variables se comportan alrededor de las medias históricas (Figura 1). La temperatura se mantuvo dentro del rango que exige el cultivo para cada una de las fases del ciclo vegetativo de la papa, es decir temperaturas altas por el día y bajas durante la noche con un gradiente entre 10 y 12 ° C, factor este importante que permitió que cada una de las etapas transcurriera adecuadamente.

La humedad relativa se mantuvo entre 66 % y 75 %, rango considerado óptimo para la planta con lo cual se evitó la aparición de enfermedades de manera intensa que pudieran afectar el rendimiento y con ello los resultados de este trabajo.

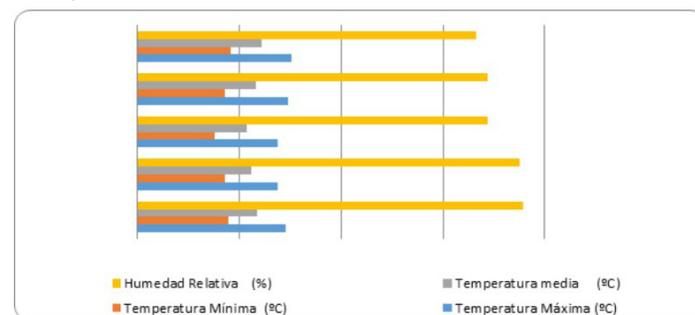


Figura 1. Comportamiento de las variables climáticas.

Las dos máquinas objeto de este estudio se adaptan a las condiciones de suelo, del cultivo y de infraestructuras presentes en las unidades donde han sido instaladas. En general se apreciaron buenas condiciones para el desarrollo del cultivo siempre que se haga un manejo adecuado de las técnicas que se aplican al cultivo y de los recursos disponibles principalmente el suelo y el agua. En condiciones similares de suelo Camejo (2009), estudió el comportamiento del riego con estas máquinas sin que influyeran negativamente en los rendimientos finales.

La evaluación pluviométrica a las máquinas se realizó en horas tempranas de la mañana con una temperatura relativamente altas, los que influyeron en la calidad del riego al acelerar la evaporación del agua lanzada al aire por los emisores constituyendo pérdidas de agua.

El viento, que fue medido sistemáticamente (cada 15 minutos), arrojó una velocidad promedio de 2,2 m.s⁻¹, elemento este que también influyó de manera negativa en la evaporación, acelerándola, así como distorsionando el chorro por el arrastre de las partículas finas.

En este sentido Faci, et al. (2001), señalan que hay que tener en cuenta que cuando el riego se efectúa en condiciones de viento, se producen importantes pérdidas por

evaporación y arrastre por el viento y solo una proporción del agua emitida por los aspersores llega al suelo debido a estas pérdidas operacionales del riego.

Se comprobó la velocidad de giro de la máquina, lo que reflejó una diferencia de $0,03 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ en relación a la velocidad teórica para la regulación del 40 %.

En el comportamiento de la lámina de agua en función de la distancia, obtenida a partir del programa pluviopivot, que aparece en la figura 2, se pudo comprobar que del pluviómetro 1 al 40, sólo uno captó menos agua que el valor de la media ponderada, mientras que el resto de la máquina hay un comportamiento distinto por tramos con valores extremos que sobrepasan la media a excepción del último tramo donde la mayoría capturó menos agua que la media ponderada, esto es descontando los pluviómetros ubicados en el alero de la máquina.

La lámina de agua a aplicar era de $10,15 \text{ mm}$, sin embargo, la media ponderada resultó ser de $8,442 \text{ mm}$, ligeramente inferior debido principalmente a los aspectos señalados sobre la velocidad del viento y la temperatura presente a esa hora del día. Esta influencia del viento coincide con los resultados obtenidos por Espinosa, et al. (2015), en sistemas móviles de aspersión donde un ligero incremento de la velocidad del viento provocó una disminución del CU del 91 % al 81,4%

Para esta diferencia entre la lámina teórica y la lámina real el coeficiente de uniformidad (Figura 2) es bajo con sólo un 77,3 %, el que no es considerado como bueno según Montero, et al. (2005), quien establece entre 85 % y 90 % el rango para ser considerada una aplicación de riego por aspersión con máquinas como buena.

En una evaluación similar a una máquina Western, pero con velocidad del viento de $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, Pacheco & Pérez (2010), obtuvieron coeficiente de uniformidad superior al 85 %, por lo que consideramos que en nuestras condiciones es posible lograr estos valores y aún superiores

La uniformidad de la distribución también es bajo lo que explica la diferencia entre las áreas que reciben más agua de la media y menos agua en una misma aplicación.

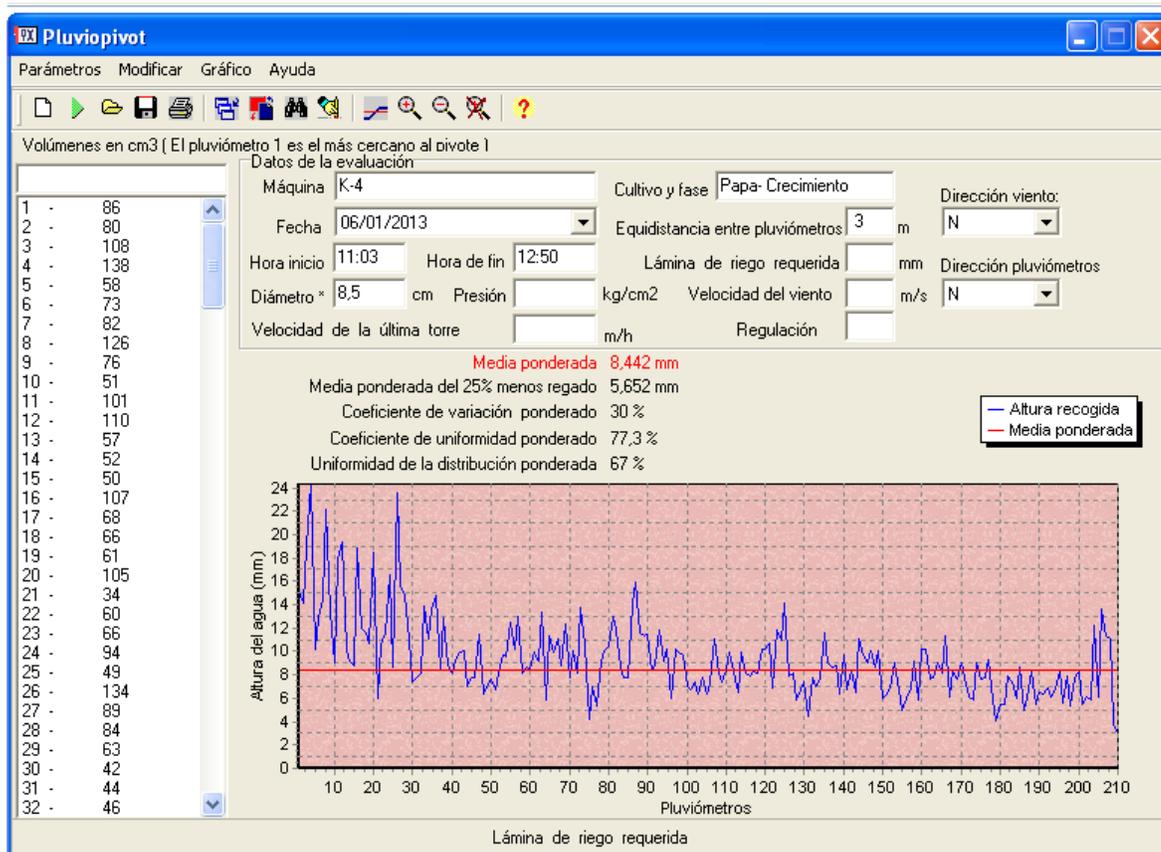


Figura 2. Resultados de la evaluación pluviométrica a la máquina 4.

En la medición realizada a la máquina 9 (figura 3), la velocidad promedio del viento fue de $1,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, el que no provocó afectaciones en la distribución uniformidad del agua durante el riego, las rachas de viento tampoco excedieron los $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, las que además fueron escasas, por lo que a efectos de esta medición no se consideraron, sólo para determinar la velocidad media.

La temperatura en el momento de iniciar la medición estaba en $28,3 \text{ }^\circ\text{C}$ y al finalizar la medición $30,5 \text{ }^\circ\text{C}$. se observa que la variación fue significativa con $2,2 \text{ }^\circ\text{C}$ en los 100 minutos que duró la prueba que comenzó a las 9:10 a.m. y terminó a las 10:50 a.m.

La humedad relativa tomada a partir de la lectura de los termómetros de bulbo húmedo y de bulbo seco reflejó un valor medio de 58 %

La evaluación se hizo teniendo en cuenta la norma o lámina de agua que debía aplicarse al cultivo en correspondencia con el régimen de riego del cultivo, es decir sin modificación ninguna, en correspondencia con el tipo de investigación que se está realizando.

Para esta evaluación la lámina requerida y la aplicada muestran poca diferencia lo que hace que se pueda evaluar desde este indicador que las plantas recibieron la dosis o norma de agua que les correspondía de manera general para este momento.

El coeficiente de uniformidad calculado a partir del procesamiento de la pluviometría registrada refleja un indicador alto de 82,4 % si lo comparamos con la evaluación de la primera máquina, es decir la 4. Esto corrobora lo planteado por Faci, et al. (2001),. Estos valores del CU en ambas máquinas son similares a los obtenidos por Torres & Rodríguez (2018), en un sistema por enrolladores y con velocidades del viento superiores a los 3.7 m.s⁻¹

Para esta evaluación el coeficiente de uniformidad ponderado también mostró un mejor comportamiento que el de la evaluación de la primera máquina, como resultado de las mejores condiciones de clima en cuanto al viento principalmente y de funcionamiento de la máquina

En otros trabajos realizado se han encontrado resultados superiores a los obtenidos aquí, como son los de Tornés (2008), en la provincia Granma; y Pacheco & Pérez (2010), en la Empresa Valle del Yabú de Santa Clara. De igual modo hay especialistas que consideran como bueno el riego con un coeficiente de uniformidad inferior a 85 % (Montero, et al., 2005). Sin embargo, para Tarjuelo (2005), un riego está bien aplicado cuando logra un CU entre 85 % y 90 %. A pesar de ello, a consideración de los autores de este trabajo, en esta máquina y en la evaluada anteriormente existen condiciones para lograr aplicaciones del riego por encima del 85 % y es además una necesidad para hacer un uso racional de la energía, del agua, del suelo, del fertilizante que se aplica y para que el cultivo aporte los rendimientos que se requieren.

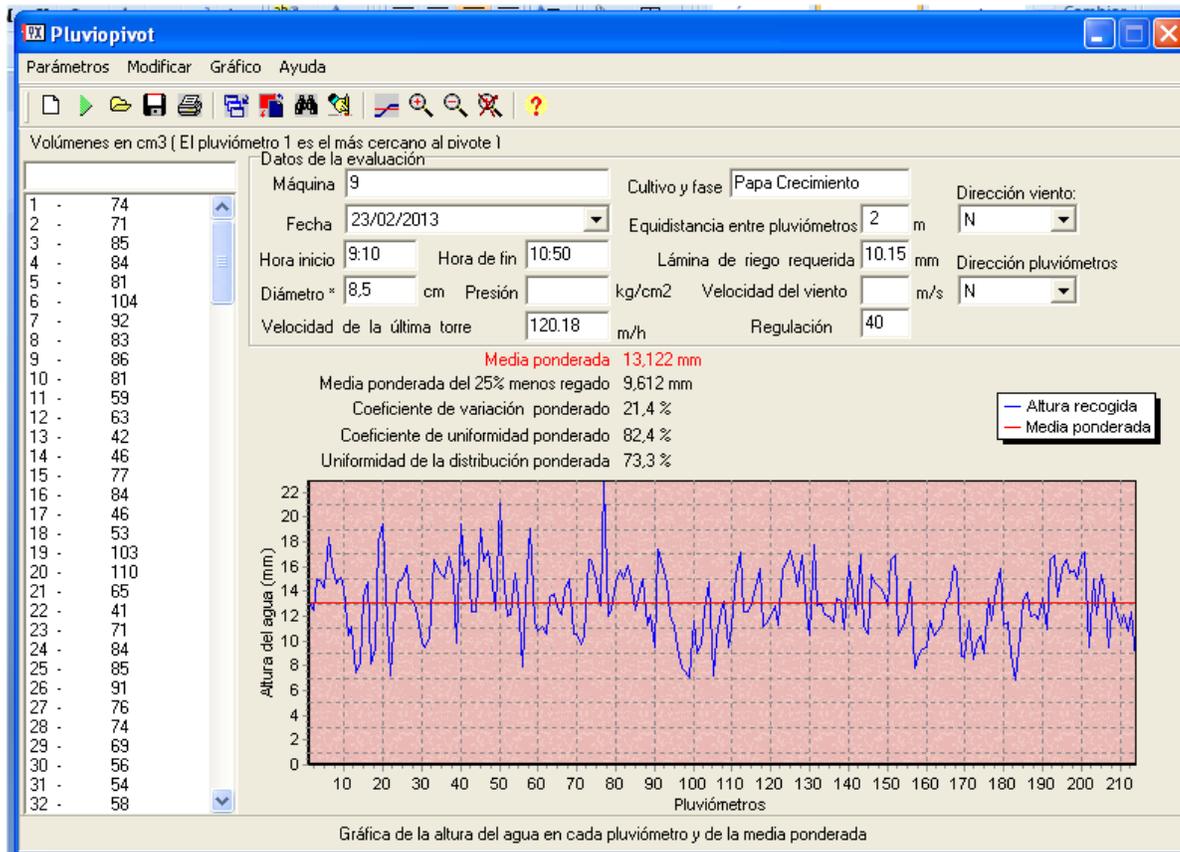


Figura 3. Resultados de la evaluación pluviométrica a la máquina 9. Fuente: Software Pluviopivot.

El comportamiento de la lámina de agua a lo largo de toda la máquina, a partir de la evaluación y ponderación con el programa pluviopivot, permitió comprobar que a pesar de que entre las dos láminas comparadas (la teórica y la ponderada) no existen diferencias notables, entre los pluviómetros sí, pero no es elevada esa diferencia, lo que ayudó a que el CU no reportara valores críticos que devalúen el riego. No obstante, son inferiores a todos los obtenidos por Camejo, et al. (2017), en evaluaciones realizadas en diferentes escenarios de la provincia Ciego de Ávila.

Para resolver estas diferencias, en el suelo después de haber culminado la aplicación del riego, ocurre un proceso de redistribución del agua por diferencias de concentración influenciado por la baja tensión con que es retenida el agua

en aquellos lugares donde se concentra mayor cantidad como resultado de haber recibido más agua que el resto y a partir de que esto sucede es que se puede determinar la verdadera uniformidad en la humedad del suelo

Los valores obtenidos en las evaluaciones en ambas máquinas concuerdan con los que obtuvieron López, et al. (2019), en un estudio realizado en seis máquinas de pivote central de las Empresas Cubasoy y La Cuba de Ciego de Ávila en las que los CU variaron de 77.30 % a 82,8 %

La determinación de la uniformidad de la aplicación del riego en cada una de las evaluaciones realizadas a las dos máquinas permitió conocer el comportamiento real del riego y su calidad a través de dividir el área en tres categorías: Área regada excesivamente (ARE), área regada insuficientemente o subirrigada (ARI) y el Área regada adecuadamente (ARA).

Para la máquina 4 el comportamiento de estas tres categorías de calidad del riego guarda relación con los resultados del coeficiente de uniformidad que se muestran en la figura 2, por lo que el área regada de manera insuficiente ocupa la mayor parte con el 38 %, mientras que el área regada excesivamente ocupa el 26 %.

De ambos valores se infiere que el 64 % del área que beneficia esta máquina está mal regada o que ha recibido una lámina de agua que no se corresponde con los indicadores de calidad es decir no está en el rango entre el 85 % y el 115 % de la lámina media. Sólo el 36 % del área total se considera regada adecuadamente lo que evidencia que el riego en general es de baja calidad.

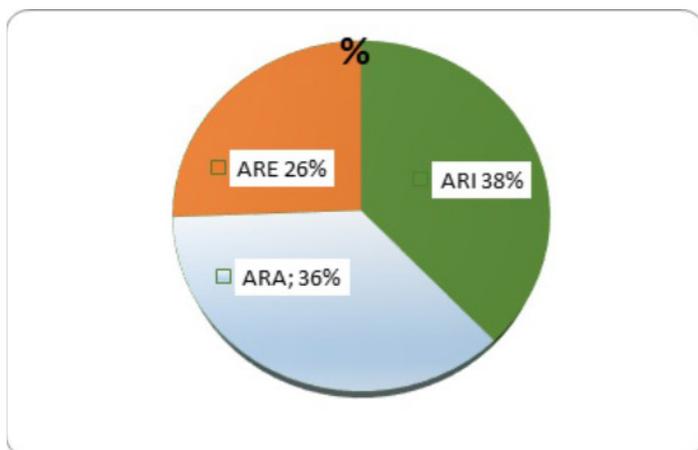


Figura 4. Comportamiento de los indicadores de calidad del riego en la máquina de pivote central 4.

En la evaluación realizada a la uniformidad y calidad del riego en la máquina 9 se aprecia un mejor comportamiento respecto a la máquina 4 demostrado con que el 53 % del área está regada adecuadamente, mientras el resto, es decir el 47 % se puede calificar como mal regada pues recibió una lámina excesiva (21 %) o una lámina insuficiente (26 %). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Jiménez, et al. (2010), en cuya evaluación el área regada adecuadamente (ARA) nunca superó el 60 %.

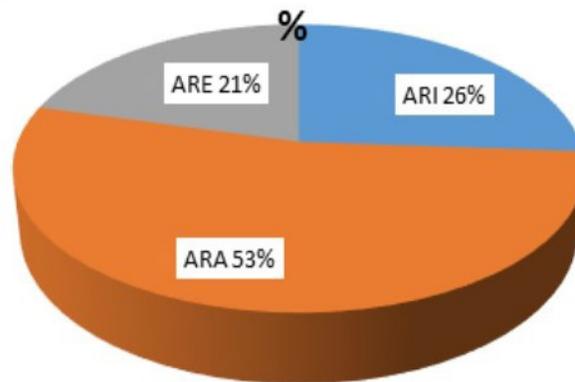


Figura 5. Comportamiento de los indicadores de calidad del riego en la máquina de pivote central 9.

CONCLUSIONES

Las condiciones edafoclimáticas del área y las características de las máquinas están adecuadas a las exigencias del cultivo de la papa. La evaluación pluviométrica de las máquinas 4 y 9 mostró coeficientes de uniformidad de 77,3 % y 82,4 % respectivamente, inferiores al 85 % que es el indicador de buena uniformidad.

El mal funcionamiento de algunas de las boquillas en el primer y último tramo de la máquina 4 afectaron la uniformidad del riego.

La máquina 9 ofrece mejores indicadores de calidad de riego a partir de regar con un CU del 82,4 % y una UD 73,3 % que permitió obtener un 53 % ARA, 21 % ARE y 26 % ARI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benítez, J., & Castellanos, A. (2010). Mejorando la humedad del suelo con agricultura de conservación. LEISA - Revista de Agroecología, 19(2).
- Camejo, L. (2009) Organización de la explotación en máquinas de pivote central eléctricas para el riego del cultivo de la papa. Suelo y Agua. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 18(4), 65-68.
- Camejo, L., Duarte, L., & Guerra, G. (2017). Diseño agronómico en máquinas de pivote central, rendimientos, ahorro de agua y energía. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 38(2), 3-16.
- Correa, C. L. (2003). Diseño, construcción y evaluación de un sistema de programación automática de riego con Pc. (Proyecto de habilitación profesional). Universidad de Concepción.
- Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. (2009). Reglamento para la operación y mantenimiento de los sistemas de riego y drenaje. Resolución 90/2004. CITMA.
- Espinosa, E., San José, L. M., & Zanette J. (2015). Evaluación de la calidad de riego de máquinas móviles. **Revista Ingeniería Agrícola**, 5(3), 29-34.

- Faci, J. M., Salvador, R., Playán, E., & Sourell, H. (2001). Comparisson of mixed and rotating spray plate sprinklers. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 127 (4): 224-233.
- González, P. (2006). Manual para el diseño y operación de máquina de pivote central. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 11(1), 47-53.
- Jiménez, E. R., Domínguez, M., Pérez, R., Montero, L., & Cun, R. (2010). Estudio de la uniformidad de riego, en una máquina de pivote central. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(1), 73-78.
- Lamelas, C. (2011). Elementos parciales para la evaluación de los sistemas de riego a presión. INICA. MINAZ.
- López, M., Carmenate, D., Mujica, A., & Paneque P. (2019). Criterios de eficiencia para la evaluación del riego por aspersión. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(3).
- Montero, J., Ortega, J. F., Honrubia, F. T., Ortiz, J., & Valiente, M. (2005). Recomendaciones para un adecuado diseño y manejo de los sistemas de riego por aspersión. Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Castilla.
- Pacheco, J., & Pérez A. (2010). Evaluación del manejo del riego de la papa en la Empresa de Cultivos Varios. Valle del Yabú. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3), 46-51.
- Samian, M., Mahdei, K. N., Saadi, H., & Movahedi, R. (2015). Identifying factors affecting optimal management of agricultural water. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 14, 11-18.
- Tarjuelo, J.M. (2005). *El riego por aspersión y su tecnología*. Mundi-Prensa.
- Tornés, N., Pujol, P., Gómez, Y., Boicet, T., & Cintra, L. (2008). Evaluación de la calidad del riego en máquinas eléctricas de pivote central del modelo o tipo Bayama. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(1).
- Torres, A. C., & Céspedes, L. (2018). Evaluación hidráulica del riego con enrolladores en el cultivo de la caña de azúcar. REDEL. *Revista Granmense de Desarrollo Local*, 2(4).