**IX CONFERENCIA CIENTÍFICA INTERNACIONAL DESARROLLO AGROPECUARIO Y SOSTENIBILIDAD “AGROCENTRO 2019”**

**Título**

**Experiencia para la corrección de Coeficiente de Uniformidad de Máquinas de Riego**

***Title***

***Experience for the correction of Coefficient of Uniformity of Irrigation Machines***

MSc. Tania Esther Capote Dominguez1, Ing. Carlos Alexis Clemente Morales2, Ing. Blas Armenteros García3,DrC. Juan Manuel Perdomo Ogando4

1-MSc. Tania Esther Capote Dominguez. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba, taniacd@uclv.cu

2- Ing. Carlos Alexis Clemente Morales. Empresa Porcina Villa Clara.

3- Ing. Blas Armenteros García. Empresa Cultivos Varios Valle del Yabú

4- DrC. Juan Manuel Perdomo Ogando. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba, jpogando@uclv.cu

**Resumen:**

A partir de las deficiencias en los resultados de la cosecha de Papa se decide realizar un estudio de la máquina de riego ubicada en el campo 3 de la UEB Pararrayo perteneciente a la Empresa Agropecuaria Valle del Yabú en el período comprendido entre enero del 2017 y mayo del 2018 con el propósito de determinar el Coeficiente de Uniformidad de la máquina de riego de pivote central. En el experimento se determinó la pluviometría y uniformidad de la lámina de agua aplicada con el Software Pluviopívot. El estado de humedad del suelo se monitoreó mediante el tensiómetro durante el ciclo del cultivo. Se evaluó el rendimiento del cultivo y el peso promedio de los tubérculos por planta/tramo/cuadrante al que se le realizó el procesamiento estadístico con el STATGRAPHICS plus 5.0. Los resultados obtenidos muestran que la máquina presenta un Coeficiente de Uniformidad Ponderado de 82 % en el mine y un 88.2 % en el 9no riego después del cambio de las boquillas. El tratamiento 3 fue el de más bajo Coeficiente de Uniformidad Ponderado con 69.9 % en el mine y 79.8 % en el 9no riego. Existieron diferencias significativas en el peso promedio de los tubérculos por planta entre los tratamientos, alcanzándose el menor peso en el tramo 3 con 338.4 g.

 ***Abstract:*** *From the deficiencies in the results of the potato harvest, it is decided to carry out a study of the irrigation machine located in field 3 of the UEB Pararrayo belonging to the Agricultural Company Valle del Yabú in the period between January 2017 and May of 2018 for the purpose of determining the Uniformity Coefficient of the central pivot irrigation machine. In the experiment, the rainfall and uniformity of the water sheet applied with the Pluviopívot Software were determined. The soil moisture status was monitored by the tensiometer during the crop cycle. The yield of the crop and the average weight of the tubers per plant / section / quadrant to which the statistical processing was carried out with the STATGRAPHICS plus 5.0 was evaluated. The results obtained show that the machine has a Coefficient of Uniformity Weighted of 82% in the mine and 88.2% in the 9th irrigation after the change of the nozzles. Treatment 3 was the lowest Weighted Uniform Coefficient with 69.9% in the mine and 79.8% in the 9th irrigation. There were significant differences in the average weight of the tubers per plant between the treatments, reaching the lowest weight in section 3 with 338.4 g.*

***Keywords:*** irrigation

**1. Introducción**

En Cuba las máquinas de riego han evolucionado desde el punto de vista mecánico utilizando sistemas cada vez más eficientes y fiables, se logran estructuras con longitudes de tramos cada vez mayor, desde 32 metros y alcanzado hasta 60 metros. Los nuevos diseños se enfocan principalmente en mejorar los costos de riego por hectáreas y en lograr la homogeneidad en el riego, lo cual se logra a través de emisores que trabajen a baja presión, que tengan un gran alcance y que sean poco afectados por el viento.

En opinión de Tarjuelo (2005) existen cuatro métodos fundamentales para desarrollar la actividad de riego: riego superficial por acción de la gravedad, riego aéreo, riego subterráneo y riego localizado. No obstante, esta investigación se centrará en el segundo método, específicamente en el riego con máquinas de pivote central para determinar el Coeficiente de Uniformidad Ponderado.

El sistema de riego aéreo (Pivote central) instalado en el campo 3 de la Empresa Agropecuaria Valle del Yabú, presenta deficiencias técnicas que atentan contra la calidad, el manejo del riego, y los niveles de producción del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

Por ello, el objetivo del trabajo es evaluar el Coeficiente de Uniformidad de riego empleado para la irrigación de la papa del campo 3 de la UEB Pararrayos de la Empresa Agropecuaria Valle del Yabú.

**2. Metodología**

La investigación se desarrolló en la máquina de riego del campo 3, Se utilizó una muestra intencional por ser un cultivo priorizado en las máquinas de riego y por haberse plantado en la misma área la variedad (Faluka) en los cuadrantes 1, 2 y 4. La siembra se realizó el 7 de enero del 2018 de forma mecanizada, con un marco de plantación de 0.90 x 0.30m, se depositó una semilla por nido, a una profundidad de 0.20m aproximadamente, quedando plantada 15 ha. Las atenciones culturales se desarrollaron según el Instructivo Técnico y se realizaron los riegos correspondientes según las etapas del cultivo.

La máquina de riego evaluada pertenece a la firma TUSA, fue montada en noviembre del 2008, cuenta con 4 tramos y un voladizo, el pívot posee una altura de 2,90 m y diámetro de 150 mm, las boquillas (109) son Spray D3000B, el sistema trabaja a una presión de 1.9 bar. La tabla 1 y 2 muestra las características de la máquina.

Tabla 1. Características de la máquina de pivote central Tusa

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Máquina | Tipo | Longitud(m) | Gasto(L/s) | Área (ha) | Área real (ha) | Coordenadas |
| Campo 3 | Tusa | 234.3 | 76,94 | 17 | 15 | X:604.898Y:290.660 |

Tabla 2. Características de la máquina de pivote central Tusa

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tramos | Longitud (m) | No.bajantes |
| 1 | 49.7 | 20 |
| 2 | 49.7 | 23 |
| 3 | 54.9 | 27 |
| 4 | 54.9 | 27 |
| Voladizo | 25.1 | 12 |

La tabla 3 muestra la aplicación de agua por revoluciones de la máquina según el fabricante.

Se determinó la tensión de humedad del suelo en los meses de febrero y marzo, hasta el 15 de febrero no se dispuso de los tensiómetros, no obstante, en el mes de enero no se pudo regar porque la incidencia de la lluvia mantenía el suelo húmedo pues cayeron cerca de 780 m3/ha. Se colocaron 3 tensiómetros, dos de ellos a una profundidad de 20 cm y el restante a una profundidad de 40 cm.

Para determinar la pluviosidad de los emisores se realizó una evaluación pluviométrica a la técnica de riego; de acuerdo con la metodología que se establece en el Reglamento para la Organización, Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Riego y Drenaje (González, 2004). La evaluación se realizó en las primeras horas del día para evitar la incidencia de vientos fuertes y que este factor no interfiriera en los resultados del trabajo, se hicieron dos mediciones, la primera en el mine (riego antes de la siembra, el 29/12/2017) para ver con que Coeficiente de Uniformidad Ponderado se contaba y la segunda en el mes de marzo en el 9no riego el 24/3/2018. Se colocaron 109 colectores (uno por emisor), de 10.5 cm de diámetro y 5 l de capacidad, a una distancia de 2.0 m, los emisores estaban colocados a 1 m de altura. La pluviometría recogida se midió in situ con una probeta graduada de 250 ml y una precisión de 1 ml. Los datos pluviométricos obtenidos (volúmenes medidos) fueron empleados en el cálculo del Coeficiente de Uniformidad Ponderado, teniendo en cuenta la Media Ponderada del 25 % menos regado yla Uniformidad de Distribución Ponderada por el software Pluviopivot

**3. Resultados y discusión**

Al analizar los resultados obtenidos del tensiómetro acerca de la humedad en suelo en el mes de febrero, en el perfil de 0-20 cm de la capa activa del cultivo los valores de tensión son mayores, a diferencia del perfil 20-40 cm de profundidad que son menores. El suelo en los primeros 20 cm de capa activa, llegó a superar los valores de 60 Cb de tensión después del 25, estos son valores de tensión donde la planta comienza a caer en estrés hídrico lo que puede afectar los rendimientos máximos, pero a los 40 cm de profundidad las tensiones eran aún bajas. La decisión de riego debe tomarse teniendo en cuenta la profundidad donde se encuentra el mayor porciento de raíces en esa fase del cultivo. No se realizó el riego porque el 27 cayeron 20mm de lluvia equivalente a 200m3/ha (Fig. 1).



Figura 1. Lectura de tensiómetros en el mes de febrero

En el mes de marzo las tensiones de humedad en los primeros 20 cm de capa activa del cultivo, son valores generalmente mayores que las tensiones a 40 cm de profundidad en el suelo. Hasta el día 9 de marzo los valores de tensión en 20 y 40 cm de profundidad eran adecuados y fueron controlados por los riegos realizados. Pero, a partir del 10 se observan valores superiores a los 60 Cb a partir del 18 los valores toman lecturas de 68 y más, el suelo no tiene la humedad necesaria para el desarrollo del cultivo y el mismo se encuentra en estrés por falta de agua, esto se debe a rotura en la máquina de riego y problemas administrativos relacionados con sucesivas entradas y salidas de la fumigación que no completaba el campo. Esta falta de agua se produjo durante casi una semana en la fase de engrosamiento de los tubérculos, lo que sin dudas debió perjudicar los rendimientos posibles a obtener, el último riego se efectuó el 24 de marzo y por rotura no se completó el 4to cuadrante, no se pudo realizar el riego para cubrir el déficit de agua y no se pudo regar antes de la cosecha. Los riegos del 14, 21 y 24 de marzo, no fueron suficientes para cubrir los requerimientos hídricos necesarios del cultivo en estudio y no se aprecia variación en las lecturas de los tensiómetros en 20 y 40 cm (Fig. 2).



Figura 2. Lectura de tensiómetros en el mes de marzo

Los valores de humedad de 0-40cm de profundidad del suelo son mayores que los de 0-20cm pues en esta primera capa además de la planta tomar agua ejerce su influencia la evaporación directa del sol. La humedad del suelo es mayor con el incremento de la profundidad de la capa activa del suelo, los valores registrados entre 50-60 % en la profundidad de 30-40 cm, se refieren a suelo muy húmedo después del riego o lluvias.

A pesar de que nuestro país aboga por el uso racional del agua, en ocasiones la planificación del agua para riego no es la correcta y resulta muy difícil desde la producción hacer ver a los directivos que las mediciones exigen la cantidad calculada y no la planificada por la entidad.

## Coeficiente de Uniformidad de riego aéreo

*1ra medición en el mine*

La evaluación de la máquina de riego en el mine arrojó que trabaja a un 82 % por lo que se corresponden con los parámetros de aceptable según SIAR (2003) pero la observación de la maquina permitió ver que la torre 3 presenta salideros y obstrucciones por lo que se decidió volver a introducir los datos de los bajantes 44 al 70 y el resultado de este tramo ofrece un Coeficiente de Uniformidad Ponderado de 69.9 % que resulta inaceptable según SIAR (2003).

Jiménez *et al*. (2012) señalan que el Coeficiente de Uniformidad no debe ser el parámetro que determine si el área está bien regada, si no el área adecuadamente regada.

Observado los resultados y consultados con la dirección del campo 3 de la UEB Pararrayo en la medida de las posibilidades se sustituyeron las boquillas 2, 3, 7, 17, 21 y 22 del tramo 3 (que presentaban el mayor número de desperfectos) por números similares con diámetro aproximado. Cuando se compra una máquina de pivote central que tiene un precio aproximado en el mercado mundial de 10 000 dólares, viene con el número exacto de boquillas. No es un secreto que no contamos con piezas de repuesto por lo que se sustituye con piezas de máquinas ya descontinuadas que en ocasiones no tienen la calibración exacta que se necesita, o con boquillas de producción nacional que hasta ahora no muestran los mejores resultados. Los valores del Coeficiente de Uniformidad Ponderado variaron entre 82 % y 88.2 %, para boquillas colocadas a 1,0 m de altura, sin regulador de presión. Estos se aproximan al rango establecido de 80-90 %, que de acuerdo con lo señalado por Tarjuelo (2005) en sus investigaciones que en estas condiciones las parcelas han sido bien regada, coincidiendo con Montero *et al*. (2005) que consideran a una parcela bien regada cuando se consigue un Coeficiente de Uniformidad entre el 80 % y 90 %, con valores mayores al 90 %, muy bien regada y en cambio con valores menores al 80 % consideran que el pívote no riega adecuadamente.

La evaluación 2 posee el valor más alto con un 88.2 %. Este parámetro estadístico, según Bremond y Molle (1995), está basado en el coeficiente de variación, por lo que es más sensible a las variaciones extremas de la lámina recogida por los colectores que el CUp.

Tabla 1. Parámetros técnicos y de calidad del riego, de la máquina eléctrica de Pivote Central Tusa campo 3 Pararrayo

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Parámetros** | **UM** | **Evaluación** |
|  |  | 1 | 2 |
| Lámina real obtenida | mm | 10.872 | 16.428 |
| Lámina del 25% de menor Pluviometría. | mm | 7.104 | 12.948 |
| Coeficiente de Uniformidad Ponderado (CUp) | % | 82.0 | 88.2 |
| Coeficiente de Variación Ponderado (CVp) | % | 25.4 | 14.9 |
| Uniformidad de Distribución Ponderada (UDp) | % | 65.3 | 78.8 |
| Presión de trabajo | bar | 1.9 | 1.9 |
| Velocidad del viento | m/s | 0.5 | 9.8 |

El peso promedio de los tubérculos por planta tuvo un valor de 433.9 g. los tramos 1, 2, 4 y el voladizo aportaron un adecuado peso promedio de tubérculos por planta, quedando por debajo el tramo 3 con un valor de 338.4 g. Las evaluaciones no muestran diferencia significativa de los tramos 1,2 4 y el voladizo en ninguno de los tres cuadrantes evaluados, sin embargo el tramo 3 presenta diferencias significativas mostrando el valor más bajo en la producción (tabla 2), en este tramo de la máquina también se muestra el menor coeficiente de uniformidad en la distribución del riego, por lo que el investigador asocia los bajos rendimientos a las condiciones de riego.

En condiciones de campo donde acontecen todos los factores limitantes o no, que influyen en la producción del cultivo, el rendimiento es una respuesta a los factores meteorológicos y de campo que intervienen directamente sobre el mismo (Pereira, 2017).

Tabla 2. Peso promedio de tubérculos por plantas

|  |  |
| --- | --- |
| Tramos de la máquina | Peso de tubérculos (g) |
| Cuadrante 1  | Cuadrante 2 | Cuadrante 4 |
| t1 | 455.063ª | 456.938a | 464.824a |
| t2 | 451.444ª | 456.556a | 469.933a |
| t3 | 334.056b | 334.722b | 347.688b |
| t4 | 459.625ª | 459.941a | 461.4a |
| Voladizo | 461.0a | 458.056a | 456.143a |

\* a, b, medias con letras no comunes en una misma columna difieren a p < 0.05 (Duncan, 1955)

Se obtuvo mayor peso en los tratamientos que mayor (CUp) arrojaron en la evaluación pluviométrica realizada, traduciéndose en mayor rendimiento por planta, siendo el tercer tramo en cada cuadrante los de menor peso y rendimiento. El rendimiento alcanzado por las plantas en esta investigación es similar al obtenido por Linares (2012) quien reportó resultados de este indicador entre 0.2 y 0.6 kg y difiere con Jerez y Martín (2012), quienes obtuvieron valores que van desde 0.6 a 1.02 kg.

**4. Conclusiones**

1. La máquina de pivote central que se utiliza en el campo 3 de la UEB Pararrayos presenta salideros y tupiciones en boquillas que afectan la uniformidad del riego en la torre. El manejo de las aguas del sistema de riego aéreo por máquinas de pivote fue tratado con trabajadores y campesinos del lugar en talleres realizados, esto permitió impulsar a las personas comprometidas a tomar conciencia acerca del uso racional de las aguas y del efecto medioambiental, y los participantes decidieron limpiar la laguna para mejorar las condiciones de riego de las áreas correspondientes al campo 3.
2. El cálculo del Coeficiente de Uniformidad Ponderado de riego a través del software Pluviopivot ofreció resultados clasificados de bueno por estar en el rango de 80 a 90 %, sin embargo, el resultado estadístico del tramo 3 de la máquina de riego, ofreció resultados inaceptables por lo que permitió hacer un análisis, cambiar boquillas y mejorar el riego en esta área.
3. El rendimiento agrícola resultante de la cosecha 2018 fue de 22.2 t/ha y el peso promedio de los tubérculos cosechados en el área del tramo 3 de la máquina de riego ofreció valores inferiores a los obtenidos en el resto de los tramos, esto puede estar asociado entre otras causas al riego efectuado.

**5. Referencias bibliográficas**

1. Bremond, B.; Molle, B. 1995. Characterization of rainfall under pivot: influence of measuring procedure. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 121 (5), 347- 353 pp.
2. González, P. 2004. Manual para el diseño y operación de máquinas de pivote central. 64 pp.
3. Jerez, E.; Martín, R. 2012. Comportamiento del crecimiento y rendimiento de la variedad de papa (*Solanum tuberosun* *Sw*.) Spunta. Cultivos Tropicales, Vol.33, no.4, p.53-58 ISSN- 1819-4087.
4. Jiménez, E.; González, B.; Domínguez, M. 2012. Relación entre los parámetros de uniformidad de riego en máquinas de pivote central. Revistas Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 12(3) Julio-Septiembre2012. ISSN-2071-0054, RNPS-2177.
5. Linares, M. 2012. Influencia del número de tallos en el crecimiento y rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedades Atlas y Romano. Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo. 36 p.
6. 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. Centro regional de Estudios del Agua. Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Castilla.
7. Pereira, A. 2017. Potato potential yield base don elements and cultivar characteristics. Bragantia Campinas, vol. 67, no.2, 327-334 pp.
8. SIAR. 2003. Junta de Comunidades del Consejo de Agricultura de Castilla-La Mancha. Hoja Informativa. Marzo 2003. España
9. Tarjuelo, J. M. 2005. El riego por aspersión y su tecnología. Ed. Mundi-Prensa. Tercera edición, Madrid, España. 569 pp.