



Revista Ingeniería Agrícola

ISSN: 2306-1545

ISSN: 2227-8761

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola

Cun-González, Reinaldo; González-Robaina, Felicita; Cisneros-Zayas, Enrique; Placeres-Miranda, Zenén; Lago-Salazar, Andy; Sánchez, Abelardo; Ricardo-Calzadilla., Marta

Estudio de la calidad del riego en máquinas de pivotes central

Revista Ingeniería Agrícola, vol. 10, núm. 3, e04, 2020, Julio-Septiembre

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586264607004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org  
UAEM

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ARTÍCULO ORIGINAL



<https://eqrcode.co/a/Rt1mO6>

# Estudio de la calidad del riego en máquinas de pivotes central

## *Irrigation quality study in central pivot machines*

MSc. Reinaldo Cun-González\*, Dr.C. Felicita González-Robaina, Dr.C. Enrique Cisneros-Zayas,  
MSc. Zenén Placeres-Miranda, Ing. Andy Lago-Salazar, Ing. Abelardo Sánchez, MSc. Marta Ricardo-Calzadilla.

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba.

**RESUMEN.** El trabajo se realizó en la Empresa Agropecuaria de Güira de Melena, uno de los sitios de intervención del Proyecto P2 OP-15, con el objetivo principal de monitorear la calidad del riego en 7 máquinas de pivote central mediante la evaluación de indicadores que califican el patrón de distribución del riego a lo largo de la máquina lo cual influye en una correcta aplicación de la lámina de riego. La norma utilizada fue la NC ISO 11545: 2012. Se midió la Conductividad eléctrica y pH del agua utilizada para el riego, su clasificación se realizó mediante la norma cubana NC 1048:2014. Según los resultados obtenidos la conductividad eléctrica del agua utilizada varió de 0.590 dS/m a 1.13 dS/m, para este tipo de suelo (Ferralítico rojo Subtipo compactado) se clasifica en categoría II, presentando ligeras o moderadas restricciones para su uso en este tipo de suelo por lo que es importante hacer un manejo adecuado de la misma. El pH varió de 7.1 a 7.9, por lo que se encuentra en el rango permisible para su uso en el riego (4.8 a 8.3). El coeficiente de uniformidad de Heermann y Hein en las máquinas estuvo en el rango de 66.02 % a 78.8 % clasificándose estos valores de malos. Para la mejora de los parámetros técnicos es importante instalar el juego de boquillas adecuado en las máquinas ya que se pueden afectar las producciones y salinizar los suelos.

**Palabras clave:** coeficiente de uniformidad, difusores, lámina de riego, uniformidad de distribución,

**ABSTRACT.** The work was carried out in the Agricultural Enterprise of Güira, one of the P2 OP-15 Project intervention places, with the main objective of studied the quality of the irrigation in 7 central pivot machines by means of the indicators that they qualify of distribution irrigation along the machine that which influences in a correct application of the watering sheet. The used norm was the NC ISO 11545: 2012. The electric Conductivity and pH of the water used for the irrigation was determined, their classification was carried out by means of the Cuban norm NC 1048:2014. According to the obtained results the electric conductivity of the used water varied from 0.590 dS/m to 1.13 dS/m, for this soil type (Red Ferrallitic compacted) it is classified in category II, presenting slight or moderate restrictions for its use in this soil type for what is important to make an appropriate handling of the same one. The pH varied from 7.1 to 7.9, for what is in the permissible range for its use in the watering (4.8 at 8.3). The coefficient of uniformity of Hermann and Hein in the machines was in the range of 66.02% to 78.8% being classified these values of bad. It is important the improvement of these technical parameters placing the appropriate set of nozzle since in the machines the productions and the soil can be affected.

**Keywords:** Coefficient of uniformity, diffusers, distribution, irrigation sheet,

## INTRODUCCIÓN

En Cuba se impone la necesidad de un manejo sostenible del agua debido a la pérdida de su calidad original por efecto de la actividad antrópica en determinadas áreas y la utilización de tecnologías inadecuadas en el riego de cultivos agrícolas. Es muy importante la sensibilización del personal técnico y los decisores en estos problemas, sobre todo en zonas vulnerables (Ricardo, 2015).

La Empresa Agropecuaria (EA) Güira de Melena es uno de los sitios de la Llanura Habana–Matanzas en la cual interviene

el Proyecto 2 “Fortalecimiento de Capacidades para la Coordinación de Información y los Sistemas de Monitoreo/MST en Áreas con problemas de Manejo de los Recursos Hídricos”. Este persigue garantizar el uso racional del agua a través del incremento de la eficiencia del riego y la productividad del agua, mediante un sistema de manejo que integre el balance de aguas con el control de su uso desde la fuente hasta la toma del usuario y un pronóstico adecuado de la demanda de riego (Ricardo, 2015).

Las producciones de la Empresa cubren el 3,07% de la demanda del país, otros de sus funciones es prestar servicios técnicos a través de las unidades empresariales de base a las unidades productoras que son: tres CPA, tres UBPC, ocho CCS y una Granja Estatal, con un total de 560 productores. Cuenta con un área total bajo riego de 5 600,27 ha, de ella 5 539,22 ha con valor de uso, las máquinas de riego eléctricas con pivote central representan el 23% del total del área. Es importante destacar que el municipio se ubica sobre un acuífero abierto al mar donde es importante hacer un uso eficiente del agua como medida de mitigación al fenómeno de intrusión salina (Linares, 2013).

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. Se pueden aplicar riegos más frecuentes y cubrir mejor los requerimientos de agua de los cultivos y aumentar al máximo la producción. Son mecánicamente muy fiables y simples de operar, aunque, como cualquier maquinaria, el mantenimiento rutinario y sistemático es imprescindible. 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).

En Cuba la expansión de esta técnica ha permitido estabilizar las grandes producciones de papa, viandas y hortalizas sobre los suelos de mejores condiciones desde el punto de vista agrícola. Por otra parte Cárdenas (2000), plantea que la uniformidad de aplicación del riego es un parámetro que está muy relacionado con la eficiencia del riego y con la producción de los cultivos. El productor necesita saber estos parámetros antes de comenzar la campaña de riego, tanto de las máquinas recientes instaladas como de las que ya se encuentran en uso. Por ello es necesario la evaluación periódica que permita un correcto funcionamiento del sistema.

El presente trabajo tiene como objetivo principal evaluar desde el punto de vista hidráulico las máquinas de pivote central utilizadas para el riego de los cultivos varios en áreas seleccionadas de la Empresa Agropecuaria Güira de Melena y proponer un plan de medidas con vista a mejorar la situación existente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Empresa de Cultivos Varios de Güira de Melena en diferentes UBPC (Unidad Básica de Producción Cooperativa y CPA (Cooperativa de Producción Agropecuaria), enmarcadas dentro de la misma. En la Tabla 1 se muestra la ubicación geográfica de las diferentes fincas.

**TABLA 1. Sitios donde se desarrolló el trabajo y ubicación geográfica**

Sitio	Ubicación (coordenadas)	
	latitud Norte	longitud Oeste
UBPC Héroes de Yaguajay, finca IBERIA.	22° 45' 436"	082° 32' 848"
CPA Países Nórdicos finca 2, Fregat 8.	22° 50' 06.24"	082° 28' 02.45"
UBPC Héroes de Bolivia.	22° 43' 53.8"	082° 29' 17.7"
Máquina Morenita 1		
CPA, Waldo Díaz, máquina "La Gloria"	22° 47' 25,0"	82° 29' 06,5"
CPA, Waldo Díaz, máquina "El Triunfo"	22° 46' 55,4"	82° 28' 59,4".
CPA, Niceto Pérez, máquina Progreso 5.	22° 48' 52,2"	082° 31' 50,12"
CPA Amistad Cuba Países Nórdicos, máquina Monona	220 49' 12.1"	82 28' 0.7"

Los suelos predominantes en el territorio se corresponden con el tipo Ferralítico rojo, representado por los Subtipos Compactados (47%). Estos suelos tradicionalmente han estado sometidos a un uso agrícola intenso sin una óptica conservacionista, por lo que han experimentado un proceso de degradación (principalmente compactación) que ha afectado en cierta medida su fertilidad y productividad (Instituto de Suelos, 1975, 1980, 1999).

La fuente de abasto superficial proviene del Complejo Hidráulico Pedroso Mampostón situado a 60 km al este de Güira y son distribuidas mediante una red de canales, embalses y tuberías soterradas para ser regadas por sistemas presurizados. Es un sistema complejo con más de 20 km de canales, 152 km de tuberías y un conjunto de técnicas mecanizadas, cuya infraestructura y recursos para lograr la eficiencia del proyecto no está completa. En toda Güira existen 57 máquinas de pivote central, numerosos sistemas portátiles de menos de 15 ha, y gran parte de las fincas de los pequeños productores con áreas

menores de 10 ha regadas por técnicas de riego por surcos. Toda la zona está situada sobre un acuífero cársico sobreexplotado y abierto al mar, presenta graves síntomas de contaminación debido a la intrusión salina (Jaimez, 2014).

Las máquinas evaluadas pertenecen a las marcas URA-PIVOT, Valley Irrigation, Valley Standard, las características aparecen en la tabla 2. Como se puede observar las fuentes de abasto varían entre subterránea y superficial, el mayor porcentaje es de agua subterránea. Las longitudes varían de 268 m (4 torres) hasta 470 m (9 torres), la mayoría de las máquinas poseen emisores Super Spray menos Progreso 5 que presenta del tipo Nelson.

Las pruebas de campo se realizaron con el objetivo de determinar el patrón de distribución del riego con los emisores instalados y espaciados a 2 m a lo largo de las máquinas. La norma utilizada fue la (NC ISO 11545, 2009). Para colectar el agua se colocaron pluviómetros en línea recta, separados a 3 m entre sí.

TABLA 2. Características técnicas de la maquinaria evaluadas

Tipo de máquina	Longitud total (m)	Fuente de abasto.	área bruta (ha)	Número de Torres	Tipos de emisores instalados
URAPIVOT (UBPC Héroes de Yaguajay, finca IBERIA.)	340	pozo	36,7	6	Super Spray
Valley Irrigation (CPA Países Nómadas finca 2, Fregat 8.)	268,25	pozo	22,80	4	Super Spray
Valley Standard, (UBPC Héroes de Bolivia. Morenita 1)	310	Embalse regulador Cuba-Jamaica	30,6	6	Super Spray
Valley standart (CPA, Waldo Díaz, El Triunfo)	470,3	pozo	70,2	9	Super Spray
Valley standart, CPA, Waldo Díaz, máquina "La Gloria".	438,5	pozo	61	8	Super Spray
Valley standart, CPA, Niceto Pérez máquina "Progreso 5".	315	pozo	24,16	5	Spray Nelson D 3000
Valley.CPA Amistad Cuba Países Nómadas, máquina Monona	416,9	pozo	55,1	8	Super spray

Se midió la velocidad del viento cada 15 minutos con un anemómetro. Para la determinación de la calidad del agua con que se riega se aplicó la norma cubana NC 10-48 (2014) "Calidad del agua para preservar el suelo-especificaciones". Se tomaron valores de conductividad eléctrica y pH durante la evaluación.

#### Materiales utilizados:

- Pluviómetros (114), área de captación ( $68,52 \text{ cm}^2$ ).
- Cinta métrica de 50 m y de 2 m.
- Cronómetro.
- Manómetros calibrados.
- Probeta de 250 mL con precisión de 2 mL.
- Anemómetro portátil (AM-4203).
- Pie de Rey.
- Conductímetro (WTW 3310-2CA308) y potenciómetro (WTW 3110-2AA112).

#### Indicadores determinados:

Coeficiente de uniformidad de Heermann y Hein 1968):

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

donde:

n – número de colectores;

C<sub>i</sub> - cantidad recogida por el colector (con i variando entre 1 y n);

D<sub>i</sub> - área regada por el colector i o distancia del centro del pivote al colector i;

M<sub>C</sub>- media ponderada de las cantidades recogidas por los n colectores.

$$M_C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i D_i}{\sum_{i=1}^n D_i} \quad (2)$$

Coeficiente de uniformidad de variación según Bremond y Molle (1995):

$$CU_V = \left[ 1 - \frac{1}{\sum_{i=1}^n C_i D_i} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( C_i \frac{\sum_{j=1}^n C_j D_j}{\sum_{j=1}^n D_j} \right)^2 D_i}{\sum_{i=1}^n D_i}} \right] \cdot 100 (\%) \quad (3)$$

Uniformidad de distribución (25%):

$$\frac{Lámina media en el 25\% del área menos regada}{Lámina media de toda el área} \cdot 100(%) \quad (4)$$

**Porcentajes de Área regada** (Alfonso y Romero, 2000; Tarjuelo, 2005).

**Área Regada Adecuadamente (ARA):** basada en la lámina que está dentro del rango del 10% por encima y por debajo de la lámina media.

**Área Regada Excesivamente (ARE):** basada en la lámina que está por encima del 110% de la lámina media.

**Área Regada Insuficientemente (ARI):** basada en la lámina que está por debajo del 90% de la lámina media.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se puede observar en la tabla 3 la conductividad eléctrica varió de 0,590 dS/m a 1,130 dS/m, para este tipo de suelo (Ferralítico rojo, Subtipo compactado) se clasifica de categoría II, presentando ligeras o moderadas restricciones para su uso. Para la aplicación en estos suelos requieren labores agrotécnicas específicas a sus propiedades que permitan contrarrestar el efecto degradativo acumulativo del uso de dichas aguas. El pH varió de 7,1 a 7,9, por lo que se encuentra en el rango permisible para el riego (4,8 a 8,3).

TABLA 3. Resultados de la evaluación de la calidad del agua

Sitio	Conductividad eléctrica (dS/m)	Parámetros	
		pH	Temperatura del agua (°C)
UBPC Héroes de Yaguajay, finca IBERIA	0,880	7,4	27,3
CPA Países Nómadas finca 2, Fregat 8	0,600	7,4	27
UBPC Héroes de Bolivia. Máquina Morenita 1	0,590	7,48	27
CPA, Waldo Díaz, máquina "La Gloria.	0,920	7,1	28,9
CPA, Waldo Díaz, máquina "El Triunfo	0,760	7,66	26,6
CPA, Niceto Pérez, máquina Progreso 5	0,672	7,39	26
CPA Amistad Cuba Países Nómadas, máquina Monona	1,13	7,9	27

En la Tabla 4 se muestran los resultados de las evaluaciones realizadas. El coeficiente de uniformidad de Hermann y Hein (CUh-h) varió de 66,02 % (máquina Finca Iberia) a 78,8 % (CP máquina Progreso 5). Según Tarjuelo (2005); Placeres *et al.* (2013) y Hassan (2015) 2013; Hassan, 2015, estos valores se clasifican como malos, indicando que la parcela está mal regada.

La uniformidad de distribución ( $UD_{25}\%$ ), que representa el porcentaje de la lámina media del 25% del área menos regada, varió de 60,01 a 73,90%, considerándose elevado.

En cuanto al Coeficiente de uniformidad de variación (CUV), los valores alcanzaron un rango de 46,29 a 71,87%. Este parámetro estadístico, según Bremond y Molle (1995); Jiménes *et al.* (2010); El-Wahed *et al.* (2015), está basado en el coeficiente de variación, por lo que es más sensible a las variaciones extremas de lámina recogida por los colectores que el Coeficiente de Uniformidad. De modo general podemos observar que la velocidad del viento media durante las pruebas varió de 1,7 m/s a 5,3 m/s, valores que quizás hayan influido en los parámetros medidos.

TABLA 4. Parámetros técnicos de calidad del riego

Sitio	Lámina media obtenida (mm)	Coeficiente uniformidad Heermann y Hein (%)	Coeficiente Uniformidad de variación Bremond y Molle (%)	Uniformidad de distribución. ( $UD_{25}\%$ )	Velocidad media del viento. (m/s)
UBPC Héroes de Yaguajay, finca IBERIA.	19,98	66,02	46,29	60,64	1,7
CPA Países Nómadas finca 2, Fregat 8.	39,10	69,21	62,78	62,11	3,7
UBPC Héroes de Bolivia. Máquina Morenita 1	16,42	74	65,27	54,80	4,0

Sitio	Lámina media obtenida (mm)	Coeficiente uniformidad Heermann y Hein (%)	Coeficiente Uniformidad de variación Bremond y Molle (%)	Uniformidad de distribución. ( $UD_{25}$ %)	Velocidad media del viento. (m/s)
CPA, Waldo Díaz, máquina "La Gloria".	17,77	77,47	68,79	60,01	4,71
CPA, Waldo Díaz, máquina "El Triunfo"	18,93	77,66	67,09	73,90	3,35
CPA, Niceto Pérez, máquina Progreso 5.	15,94	78,8	71,87	70,88	5,3
CPA Amistad Cuba Países Nórdicos, máquina Monona	19,12	76,08	69,60	62,87	3,3

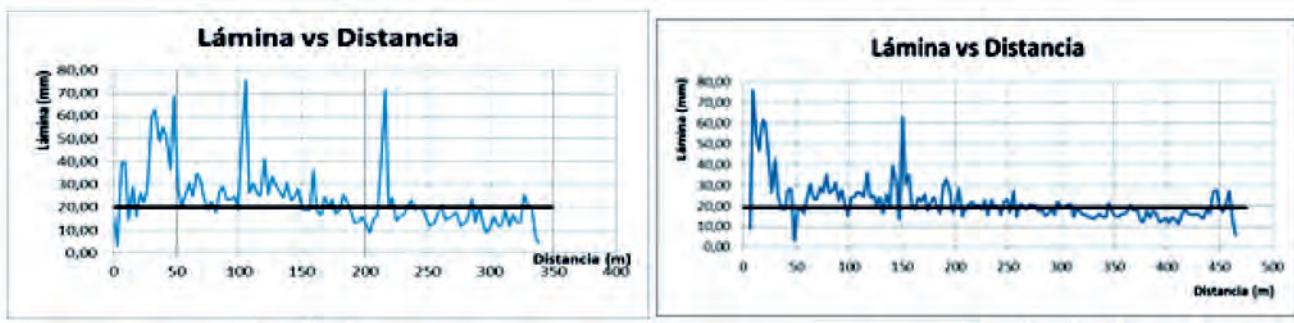
Como se puede observar en la Tabla 5, el área regada insuficientemente alcanzó el valor más elevado (36,14 %) en comparación con la excesiva y la adecuada, por lo que se está aplicando

una lámina por debajo del 90% de la media, sobre todo en los últimos tramos de la máquina, como se muestra en la figura 4. El área regada adecuada solo alcanza un valor medio de 35,9 %.

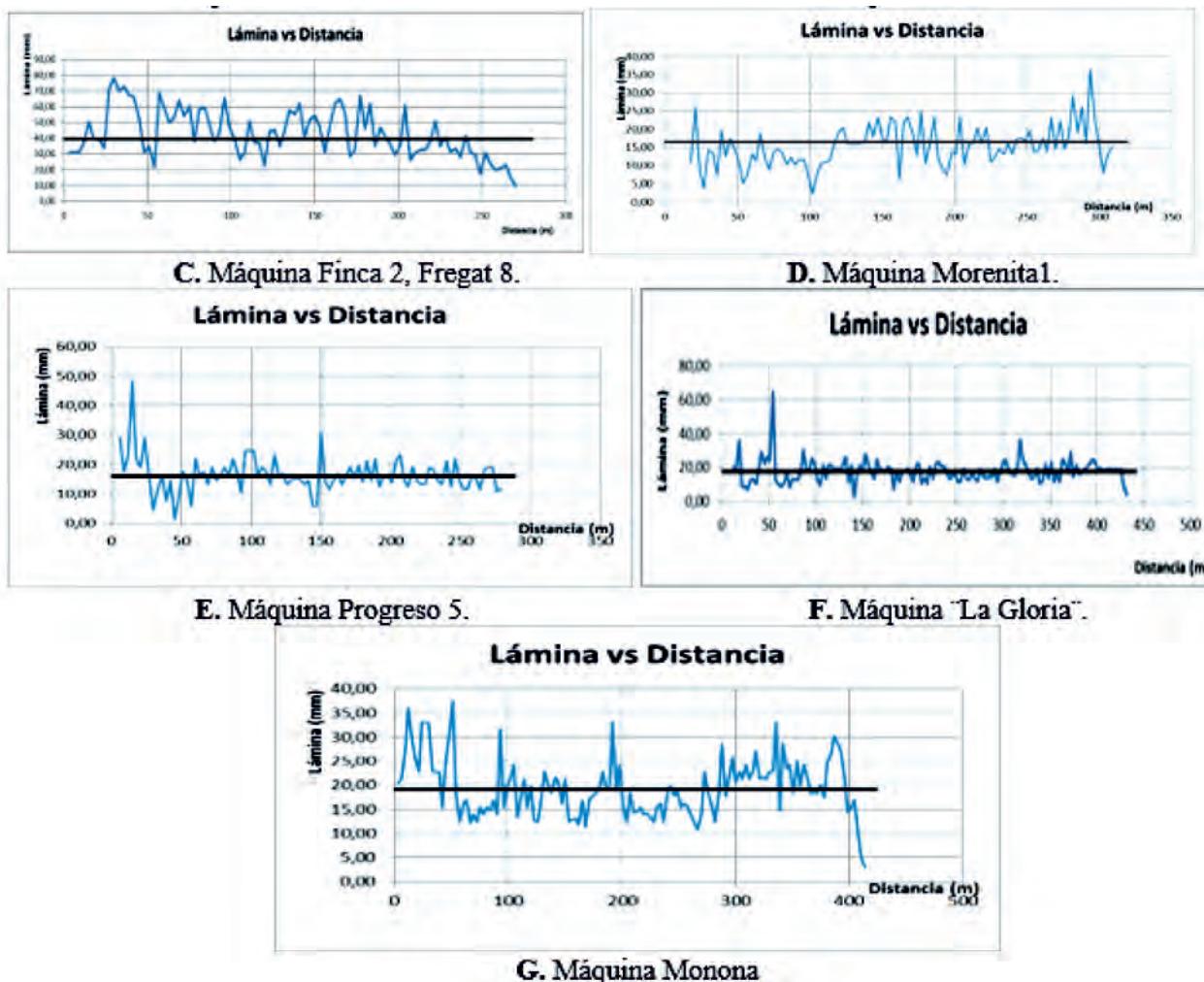
**TABLA 5. Distribución del porcento de áreas regadas (Adecuada, Insuficiente y Excesiva)**

Sitio	Área Regada Adecuada (%)	Área Regada Excesiva (%)	Área Regada insuficiente (%)
UBPC Héroes de Yaguajay, finca IBERIA.	26	27	47
CPA Países Nórdicos finca 2, Fregat 8.	25	34	41
UBPC Héroes de Bolivia. Máquina Morenita 1	36	29	35
CPA, Waldo Díaz, máquina "La Gloria".	41	27	32
CPA, Waldo Díaz, máquina "El Triunfo"	45	22	33
CPA, Niceto Pérez, máquina Progreso 5.	41	28	31
CPA Amistad Cuba Países Nórdicos, máquina Monona	37	29	34
<b>Promedio</b>	<b>35,9</b>	<b>28</b>	<b>36,14</b>

Estos resultados obtenidos están asociados a la mala distribución de la lámina de agua en las máquinas de riego evaluadas (Figura 1), con picos de valores muy alejados al inicio y bajos en los tramos finales.



Figuras 1. Distribución de la lámina a lo largo de las máquinas (A-G).



Figuras 1. Distribución de la lámina a lo largo de las máquinas (A-G).

Según los resultados obtenidos y las observaciones realizadas durante las pruebas ejecutadas en las diferentes máquinas se realizó un plan de medidas con vista a mejorar la situación existente.

#### **UBPC Héroes de Yaguajay, Finca IBERIA**

- Sustituir el temporizador porcentual (timer), que es el elemento que determina la velocidad de avance del equipo controlando el tiempo de funcionamiento del motor de la última torre y a su vez la lámina de agua a aplicar en cada riego. Este solo llega hasta el 50%, cuando debe llegar a un valor máximo de 100%.
- Ubicar las boquillas y reguladores de flujo según la carta de distribución recomendada por el IAgri para mejorar la distribución del agua a través de toda la máquina.
- Eliminar salideros en las uniones de tuberías que provocan encharcamientos en el campo.

#### **CPA Países Nordicos Finca 2, Fregat 8**

- Ubicar las boquillas y reguladores de flujo según la carta de distribución recomendada por el IAgri para mejorar la distribución del agua a través de toda la máquina.

- Ajustar la estructura de la máquina ya que se encuentra desbalanceada.

#### **UBPC Héroes de Bolivia. Máquina Morenita 1**

- Ubicar las boquillas y reguladores de flujo según la carta de distribución recomendada por el IAgri para mejorar la distribución del agua a través de toda la máquina. La mala distribución existente puede provocar en el área la formación de anillos de crecimiento insuficiente del cultivo en tramos entre torres. En unos casos debido a que la lámina es superior por salideros y en otros la lámina es inferior por tupiciones y boquillas mal ubicadas.

#### **CPA, Niceto Pérez, máquina. Progreso 5**

- Eliminar salideros en las uniones de tuberías que provocan encharcamientos en el campo y a la vez un coeficiente de uniformidad por debajo de 79%.

#### **CPA, Waldo Díaz, máquina "El Triunfo"**

- Eliminar los salideros en bajantes y manguitos de las torres.
- Realizar la explotación del riego a partir del ajuste de los nuevos parámetros de la máquina.

### CPA, Waldo Díaz, máquina "La Gloria"

- Realizar la explotación del riego a partir del ajuste de los nuevos parámetros explotativos de la máquina • Eliminar los salideros en bajantes y manguitos de las torres.

### CPA Amistad Cuba Países Nórdicos, máquina Monona

- Colocar las boquillas y reguladores de presión según se plantea en la Carta de distribución de boquillas de la máquina.
- Determinar la velocidad máxima en la última torre para ajustar la carta ajustar la carta técnica del manejo del riego.

## CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta las restricciones en el uso del agua para riego y la baja disponibilidad de tan importante recurso en el municipio de Güira de Melena, la utilización de máquinas de pivote central es una solución adecuada. No obstante, debido a los años de explotación de las mismas se requiere de una evaluación frecuente para conocer y precisar los parámetros de explotación que permitan mejorar la gestión del riego. Considerando que estos sistemas de riego se utilizan fundamentalmente para el riego de la papa, disponer de coeficientes de uniformidad elevados garantiza que el mayor porcentaje del área reciba la norma bruta planificada, lo que incide directamente en la obtención de rendimientos aceptables.
- Las maquinas evaluadas presentan coeficientes de unifor-

mada bajo, entre 66,02 % y 78,88 %, los que se clasifican de malos.

- En la EAP Güira de Melena las máquinas de pivote central tienen más de 14 años de explotación por tanto se requieren hacer inversiones en piezas de repuesto que permitan mejorar su estado técnico.
- Con la finalidad de mejorar los parámetros técnicos-explo- tativos de los sistemas evaluados aplicar el plan de medidas propuesto en el presente trabajo.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los resultados del Proyecto 2: “Fortalecimiento de Capacidades para la Coordinación de Información y los Sistemas de Monitoreo/MST en Áreas con Problemas de Manejo de los Recursos Hídricos”, del Programa de Asociación de País (CPP/OP 15, Country Pilot Partnership) sobre Manejo Sostenible de Tierras PIMS (3005) en Apoyo al Programa Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía en Cuba, como donante el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), Implementadores: ONU Ambiente y PNUD, Ejecutor: Agencia de Medio Ambiente, Agencia Técnica de Colaboración: FAO y con la participación de diversas instituciones nacionales. Muchas gracias por el valioso apoyo a la investigación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSO, E.; ROMERO, A.: “Evaluación de máquinas de pivote central a partir de indicadores de la calidad del riego”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 9(3-4): 109-114, 2000, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- BREMOND, B.; MOLLE, B.: “Characterization of rainfall under center pivot: influence of measuring procedure”, *Journal of Irrigation and Drainage Engineer-ASCE*, 121(5): 347-353, 1995, ISSN: 0733-9437.
- CÁRDENAS, J.F.: *Estudio del uso de la boquilla difusora cubana en las máquinas de riego de pivote central*, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Tesis (en opción al título de Master en Riego y Drenaje), San José de las Lajas. Habana, Cuba, 2000.
- EL-WAHED, A.; MEDICI, M.; LORENZINI, G.: “Harvesting Water in a Center Pivot Irrigation System: Evaluation of Distribution Uniformity with Varying Operating Parameters”, *Journal of Engineering Thermophysics*, ser. Pleiades Publishing, Ltd., 24(2): 143–151, 2015, ISSN: 1810-2328.
- GONZÁLEZ, P.: *Mejoramiento del uso y explotación de los difusores de baja presión y bajantes, en las máquinas de riego por aspersión*, Instituto de Investigaciones Riego y Drenaje (IIRD), Informe final. Proyecto 22-18, IIRD, La Habana, Cuba, 2006.
- HASSAN, I.: *Technical Evaluation of performance of center pivot sprinkler Irrigation System at West Omdurman*, Sudan University of Science & Technology College of Graduate Studies, A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Master of Science in agriculture Engineering, Sudan, 75 p., 2015.
- HEERMANN, D.F.; HEIN, R.: “Performance characteristics of self-propelled center pivot sprinkler irrigation system”, *Transactions of the ASAE*, 11(1): 11-15, 1968, ISSN: 2151-0032, e-ISSN: 2151-0040.
- INSTITUTO DE SUELOS: “II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba”, *Serie Suelos*, (23): 1-25, 1975.
- INSTITUTO DE SUELOS: *Clasificación genética de los Suelos de Cuba*, Ed. Editorial Academia, La Habana, Cuba, 28 p., 1980.
- INSTITUTO DE SUELOS: *Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba*, Ed. AGROINFOR-MINAG, La Habana, Cuba, 1999.
- JAIMEZ, E. y colaboradores: *Informe final del modelo de ordenamiento ambiental (MOA). Municipio Güira de Melena, Provincia de Artemisa. Proyecto, “Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local, (BASAL)*, Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local, (BASAL), Proyecto de innovación tecnológica, La Habana, Cuba, 2014.
- JIMÉNES, E.; DOMÍNGUEZ, M.; PÉREZ, R.; ONTERO, L.; CUN, G.R.: “Estudio de la uniformidad de riego en máquina de pivote central”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(1): 73-78, 2010, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- LINARES, V.: *Ánalisis de la degradación de la tierra y su impacto en la producción de alimentos en el Municipio Güira de Melena, Provincia*

de Artemisa. Cuba., Versión Digital, Güira de Melena, Artemisa, Cuba, 2013.

NC 10-48: *Calidad del agua para preservar el suelo. Especificaciones*, CS:65.080.01; 13.080.01, Oficina Nacional de Normalización (NC), La Habana, Cuba, Vig. de 2014.

NC ISO 11545: *Equipo de riego–Pivote central y sistemas de avance frontal con boquillas para aspersores o difusores- determinación de la uniformidad en la distribución del riego*, Vig. de 2009.

PLACERES, M.Z.; JIMÉNEZ, E.; DOMÍNGUEZ, M.; GUZMÁN, J.; SÁNCHEZ, Y.: "Determinación de los parámetros de explotación de las máquinas de pivote central, en las provincias Artemisa y Mayabeque para satisfacer la dosis necesaria en los cultivos.", *Revista Ingeniería Agrícola*, 3(1): 3-7, 2013, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.

RICARDO, M.P. y colectivo de autores: "PROYECTO 2 «Fortalecimiento de Capacidades para la Coordinación de Información y los Sistemas de Monitoreo/MST en Áreas con problemas de Manejo de los Recursos Hídricos»," En: Ed. AMA, La Habana, Cuba, p. 161, 2015, ISBN: ISBN: 978-959-300-125-0.

TARJUELO, M.B.J.M.: *El riego por aspersión y su tecnología*, Ed. Mundi-Prensa, 3.a ed., Madrid, España, Vig de 2005.

\*Autor para correspondencia: *Reinaldo Cun González*, e-mail: [dptoriego3@iagric.cu](mailto:dptoriego3@iagric.cu)

Recibido: 13/02/2018.

Aprobado: 12/06/2020.

*Reinaldo Cun González*, Inv. Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana. Cuba. e-mail: [dptoriego3@iagric.cu](mailto:dptoriego3@iagric.cu)

*Felicitia González Robaina*, Inv. Titular Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAGRIC), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: [dptoambiente4@iagric.cu](mailto:dptoambiente4@iagric.cu)

*Enrique Cisneros Zayas*, Inv. Titular Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAGRIC), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: [dptoriego1@iagric.cu](mailto:dptoriego1@iagric.cu)

*Zenén Placeres Miranda*, Especialista Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana. Cuba. e-mail: [dptoriego11@iagric.cu](mailto:dptoriego11@iagric.cu)

*Andy Lago Salazar*, Especialista Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana. Cuba. e-mail: [dptoriego3@iagric.cu](mailto:dptoriego3@iagric.cu)

*Abelardo Sánchez*, Especialista Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana. Cuba. e-mail: [dptoriego3@iagric.cu](mailto:dptoriego3@iagric.cu)

*Martha Paula Ricardo Calzadilla*, Inv. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAGRIC), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: [proyecto2op15@iagric.cu](mailto:proyecto2op15@iagric.cu)

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.



El proyecto de colaboración internacional "Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local", **BASAL**, comenzó su ejecución oficial el 2 de abril del 2013, es coordinado por la Agencia de Medio Ambiente del CITMA y cuenta con la participación de varias instituciones de este ministerio así como tiene como socio clave en su implementación a instituciones y entidades del MINAG y los gobiernos locales. Dispone de un financiamiento cercano a los 13 millones de CUC, provenientes de la Unión Europea y de la Agencia Suiza de Cooperación – COSUDE. Es implementado por el Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) y tendrá una duración de 5 años (2013-2017).

BASAL tiene como objetivo apoyar la adaptación al cambio climático en el sector agrícola, a escala local, en los municipios de Los Palacios, Güira de Melena y Jimaguayú y a escala nacional, a través de la Dirección de Ciencia e Innovación Tecnológica del Minag y con la participación de las Direcciones de Cultivos Varlos y Ganadería y el Grupo Agroindustrial de Granos de este Ministerio.

Tiene tres grandes resultados esperados:

1. Aplicadas medidas de adaptación agropecuarias por las y los productoras/es individuales y cooperativistas en los municipios de Los Palacios, Güira de Melena y Jimaguayú, las cuales consideran las necesidades específicas de mujeres y hombres y los impactos diferenciados del cambio climático en ellas y ellos.
2. Consolidado el intercambio de información y conocimientos entre científicas/os y productoras/es locales y nacionales y capacitadas/os estos actores para lograr un mejor enfrentamiento conjunto a los retos del cambio climático.
3. Entregadas herramientas género-sensibles para enfrentar los impactos del cambio y la variabilidad climática y hacer más sostenible la producción de alimentos, a las autoridades locales y nacionales.

Entre las principales actividades para cada Resultado están:

**Resultado 1:** Rehabilitación de sistemas de riego y drenaje, Optimización del riego y asesoramiento al regante según condiciones agrometeorológicas, Rotación de suelos y de cultivos, Diversificación de la producción agrícola, Introducción de variedades más resistentes a las condiciones agrometeorológicas locales, Empleo de fertilizantes orgánicos y bioestimuladores del crecimiento, Manejo integrado de plagas y de residuales, Introducción de sistemas silvopastoriles.

**Resultado 2:** Fortalecimiento del Sistema de Extensiónismo Agrícola, Implementación de Centros de Creación de Capacidades y Gestión del Conocimiento (CCC/GC), Fortalecimiento de la Red de Información Agrometeorológica y Productiva (RIAP), Intercambio de experiencias de buenas prácticas agrícolas y de experiencias exitosas nacionales e internacionales, en adaptación al cambio climático, en el sector agrícola, prioritariamente en la región de Centroamérica, el Caribe y en la Unión Europea.

**Resultado 3:** Modelos de ordenamiento ambiental municipal y comunitario, que servirían de insumos a los modelos de ordenamiento territorial, Planes de desarrollo municipales del sector agrícola, con indicadores de adaptación al cambio climático incorporados, Modelación de los impactos del cambio climático sobre la producción agrícola, disponibilidad de agua, estado de los suelos y la ocurrencia de plagas, Elaboración de escenarios socio-económicos y ambientales sobre la relación medio ambiente cambio climático, Pronósticos de cosechas.