

RIEGO Y DRENAJE

ARTÍCULO ORIGINAL

Evaluación y propuesta de medidas en diferentes técnicas de riego por aspersión para un uso eficiente del agua

Evaluation and proposal of action to be carried out, in different sprinkling irrigation techniques for efficient water use

M.Sc. Enrique Cisneros Zayas¹, Ing. Ángel González Arias¹¹, Dr.C. Aymara García López¹, M.Sc. Zenén Placeres Miranda¹, M.Sc. Esequiel Jiménez Espinosa¹

¹Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

¹¹ Empresa Agropecuaria San Antonio de los Baños, Artemisa, Cuba.

RESUMEN. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el funcionamiento de diferentes técnicas de riego por aspersión a través de la determinación del Coeficiente de Uniformidad y la Eficiencia de descarga, para proponer un plan de acción que permita el uso eficaz del agua para riego. Para ello se realizó un levantamiento por técnicas de riego que permitió conocer su distribución en la zona de estudio. Las evaluaciones de campo se realizaron cumpliendo con las normas *NC-ISO 11545: 2007* y *NC-ISO 8224-1:2011*, el coeficiente de uniformidad se determinó según la norma ISO 8224 - 1 y auxiliándose del software EVALEN. Como resultado se tiene que las menores eficiencias de descarga se detectaron en el enrollador con cañón y el lateral rodante, con valores de 0,60 y 0,63 respectivamente. Cuando se analizaron los volúmenes de agua necesarios a aplicar en una campaña de papa para suplir sus requerimientos hídricos a partir de los valores de eficiencia obtenidos, se encontró que en el enrollador con ala pivote es necesario aplicar un volumen adicional de 1940 m³, enrollador con cañón 3333, 20 m³, el lateral rodante 2936,60 m³ y la máquina de pivote central 1944,40 m³, lo que equivale a un volumen total de 10154,20 m³ de agua, a extraer de la fuente de abasto.

Palabras clave: Coeficiente de uniformidad, eficiencia de descarga, necesidades del cultivo.

ABSTRACT. The present paper is aimed at evaluating the operation of different sprinkling irrigation system through the determination of the Uniformity Coefficient and the Efficiency of Discharge, to propose an action plan that allows the effective use of the water irrigation. It was carried out it a survey by irrigation technique, that allowed us to know their distribution in the study area. The field evaluations were carried out fulfilling the standards *NC-ISO 11545: 2007* and *NC-ISO 8224-1:2011*, the uniformity coefficient was determined according to the standard ISO 8224 - 1 using the software EVALEN. As a result t the smallest discharge efficiencies were obtained in traveling gun and side roll, with values of 0,60 and 0,63 respectively. When the required amounts of water to apply in potato's campaign, were analyzed, in order to replace their water needs starting from the efficiency values obtained, it was found that in the reel machine boom with set of sprayers is necessary to apply additional volume of 1940 m³, reel machine with gun-type sprinkler 3333, 20 m³, the side roll 2936, 60 m³ and the center pivot machine 1944, 40 m³, what is equal to a total volume of 10154, 20 m³ of water, to be extracted of the supply source.

Keywords: Uniformity coefficient, discharge efficiency, cultivation need.

INTRODUCCIÓN

A escala mundial, la disponibilidad de recursos de agua dulce fácilmente accesible es limitada por lo que en las regiones áridas y semiáridas, en los países con una alta densidad de población y en la mayor parte del mundo industrializado, se ha comenzado a competir por su uso. Es por ello que a la luz de las

proyecciones demográficas y económicas, los recursos de agua dulce de los que todavía se puede disponer constituyen una base estratégica para el desarrollo, la seguridad alimentaria, la salud del medio ambiente acuático y, en algunos casos, la seguridad nacional. (FAO, 2006).

Si se tiene en cuenta que la agricultura de regadío, es mucho más productiva que la de secano, aportando casi un 40% de la producción mundial de alimentos en el 17% de la tierra cultivada, el aumento de la producción destinado a satisfacer la demanda de alimentos del futuro debe obtenerse básicamente mediante la intensificación de la agricultura. Algunos autores indican que el 80% de la producción adicional de alimentos procederá de la agricultura de regadío. Sin embargo, a medida que aumentan las necesidades de alimentos, se hace más difícil incrementar las áreas bajo riego, fundamentalmente, por la baja disponibilidad de agua.

En Cuba es de vital importancia el aumento de la producción agrícola, debido a la demanda creciente de alimentos por la población, uno de los factores que incide en el incremento de la producción es el riego donde el 70% del agua disponible se utiliza principalmente para esta actividad, y aun así, es insuficiente en relación con las áreas potencialmente cultivables, (Cuba, 2008).

Variadas técnicas de riego son empleadas para aplicar el agua a los cultivos, pero en los últimos años se ha incrementado el uso de los sistemas de riego presurizados por las ventajas que presentan y por ser economizadores de agua con respecto a los sistemas de riego superficiales. Esto conlleva indudablemente a una operación correcta de los mismos unido al conocimiento del estado de funcionamiento. El riego moderno posibilita un ahorro de aproximadamente el 55% del consumo de agua con relación a los métodos tradicionales (Aidi, 2007), siempre que sean operados correctamente, de hay la importancia de conocer su estado de funcionamiento, Alabanda (2001) plantea que, la evaluación de un sistema de riego comprende el estudio de la uniformidad de distribución y la eficiencia de aplicación así como el análisis de todos los elementos del sistema de riego. La determinación de la uniformidad del sistema es el indicador más importante del buen funcionamiento del mismo.

El uso de técnicas de riego por aspersión con baja eficiencia de descarga, unido a la sequía agrícola que en los últimos años se ha venido manifestando, han provocado una depresión considerable en los niveles del manto freático de la cuenca Ariguanabo que es el principal suministrador de agua al municipio San Antonio de los Baños, afectando la disponibilidad de agua para el riego. Si realmente se desea preservar con calidad y cantidad el agua de que se dispone, es imprescindible hacer un uso racional de la misma. Por tanto, la agricultura como mayor consumidor es uno de los máximos responsables en su conservación.

Por lo expuesto anteriormente el objetivo de este trabajo consiste en evaluar el funcionamiento de los sistemas de riego por aspersión a través de la determinación del coeficiente de uniformidad y la eficiencia de descarga para proponer un plan de medidas que permitan el uso racional del agua para riego y proteger la cuenca.

MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) "Jorge Dimitrov", la cual se abastece

de la cuenca Ariguanabo y se ubica en el municipio San Antonio de los Baños, actual provincia de Artemisa, con coordenadas geográficas de 343950 N, 351400 E, la altura sobre el nivel medio del mar es de 10 m. Los suelos de la cooperativa se caracterizan como Ferralítico Rojo típico ocupando el mayor % del área.

Para realizar el levantamiento de las áreas por técnica de riego se hizo un recorrido por toda la CPA, identificando en cada área la técnica de riego por aspersión existente. Luego se efectuó un trabajo de mesa y entrevistas a directivos y especialistas de la entidad para conformar la información final.

Las características de los sistemas de riego por aspersión y la información complementaria durante las evaluaciones realizadas se dan a continuación.

Lateral rodante.

Aspersor: Irriline IR-30, con boquilla principal de 7 mm y boquilla auxiliar de 2 mm, ángulo de salida de 27°, la velocidad del viento durante la prueba como promedio fue de 2,0 m·s⁻¹ y la dirección noroeste, duración de la prueba 1 hora, separación entre aspersores: 12 x 12 m.

En todos los casos el área del pluviómetro: 68,69 cm²

Enrollador con ala pivovana.

Boquillas con posición hacia abajo, tipo de sistema de propulsión: Turbina, presión a la entrada de la maquina: 3,5 bar, velocidad de avance promedio: 30,6 m·h⁻¹, longitud total de desplazamiento 200 m. La velocidad del viento promedio fue de 1,3 m·s⁻¹ y dirección noroeste, duración de la prueba: 3 horas, numero de posiciones evaluadas durante la prueba: 3.

Enrollador con cañón.

Cañón marca Komet, modelo TWIN 160, diámetro de la boquilla: 25mm, caudal: 47,03 m³·h⁻¹, sector de riego: 180°, tipo de sistema de propulsión: turbina, presión a la entrada de la maquina: 440 kPa, longitud total de desplazamiento 300 m, la velocidad del viento promedio fue de 0,5 m s⁻¹ y dirección noroeste, duración de la prueba: 3 horas, numero de posiciones evaluadas durante la prueba: 3.

Máquina de pivote central eléctrica.

Marca del equipo: Western, con 5 torres, longitud total: 323,12 m y consola: 25,09 m. Área total: 32,8 ha, tipo de emisor: boquilla Cubana, altura del emisor: 1 m, la velocidad del viento promedio fue de 1,0 m s⁻¹ y dirección noroeste, duración de la prueba: 1 hora.

Para las evaluaciones de campo se utilizaron las siguientes Normas Cubana:

NC-ISO 11545 del 2007. Máquinas agrícolas para riego—pivotes centrales y máquinas de avance frontal equipadas con boquillas difusoras o aspersores—determinación de la uniformidad de distribución del agua

NC-ISO 8224-1: 2011. Máquinas de riego móviles — parte 1: características del funcionamiento y métodos de ensayo de laboratorio y de campo

El coeficiente de uniformidad (C.U) se determinó según los procedimientos de la norma ISO 8224 – 1 INTERNATIONAL STANDARD, 2003) y auxiliado del software EVALEN (Jiménez, 2010).

La Eficiencia de descarga (Ed) se determinó según la fórmula:

$$(Ed) = \frac{\text{La min a del } \frac{1}{4} \text{ de los valores mas bajos}}{\text{Media de los valores obtenidos}} \times 100$$

(Tarjuelo, 2005)

Para la conformación de la propuesta de plan de acción se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en las evaluaciones de campo así como las orientaciones que aparecen en el Reglamento para la Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Riego y Drenaje aprobado por Cuba (2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra el balance de las áreas bajo riego por aspersión de la CPA “Jorge Dimitrov”, como se puede apreciar, la técnica de riego por Lateral Rodante representó el 48%, seguida de la máquina de pivote central eléctrica con un 36%; mientras que los enrolladores correspondieron al 6%. En el caso de los enrolladores, el 4% pertenece al ala piovana y el 2% al cañón.

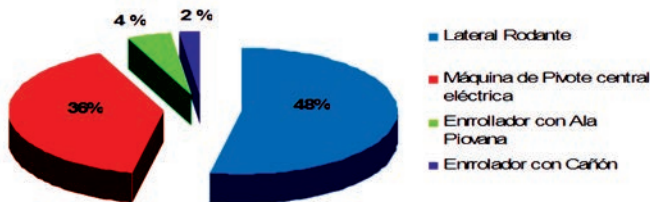


FIGURA 1. Distribución de área por técnicas de riego por aspersión en la CPA “Jorge Dimitrov”.

La información anterior nos permitió conocer el porcentaje que representa cada técnica con respecto al área total bajo riego por aspersión, la misma se utilizará posteriormente en el análisis del volumen de agua empleado en cada área para de esta manera identificar las zonas de mayor consumo. Por otra parte, partiendo del área que ocupan y la eficiencia de descarga de cada técnica de riego, se pudiera estimar el volumen de agua que se pierde, a partir de la diferencia entre el agua bombeada y el agua aplicada que recibe el cultivo.

Evaluación de los sistemas de riego por aspersión

Al determinar el coeficiente de uniformidad de Christian-sen y de otros parámetros que caracterizan el reparto de agua en superficie, se necesita conocer la pluviosidad recogida en una red de pluviómetros bajo el campo de acción del aspersor.

En este sentido, al caracterizar el reparto del agua con el aspersor Irriline IR-30 (Figura 2), se observa que se corresponde con el modelo triangular, Tarjuelos (2005) realizando evaluaciones de campo en aspersores con diferentes salidas, encuentro que de los modelos de reparto de agua estudiado el mejor es el triangular y se tiene cuando el aspersor trabaja con dos boquillas, donde se logran los mayores coeficientes de uniformidad para todos los marcos y presiones de trabajo, por lo que se puede asegurar que el emisor evaluado cumple con los requerimientos para una adecuada explotación.

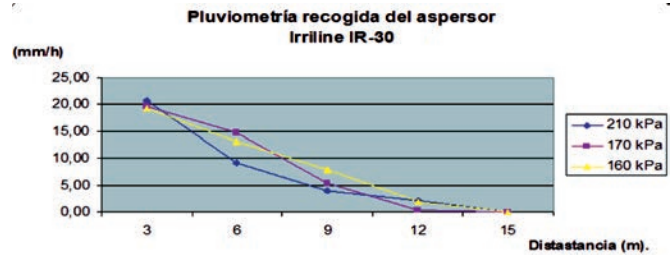


FIGURA 2. Reparto del agua en (mm/h) con el aspersor Irriline IR-30.

Sistema de riego Lateral rodante

Cuando el objetivo que se persigue es identificar la calidad del riego de los sistemas, puede prescindirse de los aspectos de manejo que tratan de conseguir la adecuación del riego en cuanto al momento y volumen a aportar. En este caso, únicamente se utilizan los conceptos de Coeficiente de Uniformidad (CU), Uniformidad de Distribución (UD), y Eficiencia de Descarga (Ed); (Tarjuelo, 1999). Obtenida tal uniformidad se puede estimar la adecuación del sistema de riego y en su caso detectar los posibles errores que se encuentren en el sistema.

Como puede observarse en la Figura 3, se muestra el diagrama del volumen de agua aplicado después del solape. Se constató que existe una adecuada distribución del agua entre aspersores y entre los ramales por lo que el coeficiente de uniformidad muestra un valor más lógico para este tipo de sistema de riego 75,18%, este puede catalogarse de bueno para estas condiciones según lo reportado por Jiménez (2009). Al estudiar la eficiencia de descarga se tiene que la lámina promedio aplicada es de 18,69 mm y la del cuarto más bajo es de 12,19 mm, por tanto la Ed alcanza el valor de 63,22%.

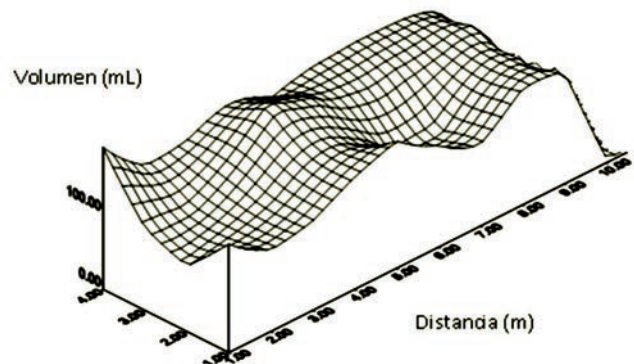


FIGURA 3. Diagrama del volumen de agua aplicado con solape. Variante 2. Postura (12 x 12) metros.

Al analizar la condición de postura (12 x 18) metros, se obtuvo un coeficiente de uniformidad de Christiansen de 63,56% (Figura 4), el mismo se categoriza como aceptable pero teniendo en cuenta las condiciones del clima en el área donde las veloci-

dades del viento en las horas de la tarde son mayores se vería afectado. Por otra parte, el área regada insuficientemente (ARI) fue de 46,30%, lo que representa un área considerable donde serían afectados los rendimientos.

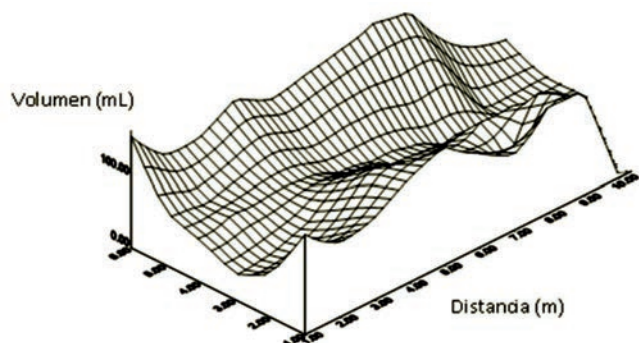


FIGURA 4. Diagrama del volumen de agua aplicado con solape. Variante 3. Postura (12 x 18) metros.

De las variantes estudiadas la que mostró los mejores resultados fue la postura de 12 x 12 metros donde se logra el mejor C.U y Ed, además con el mayor porcentaje de área adecuadamente regada. Por tanto, se recomienda este marco de riego para las condiciones específicas de la CPA “Jorge Dimitrov” con el objetivo de lograr una mayor calidad en el riego y un uso sostenible del recurso agua, además de una garantía en los rendimientos por un mejor reparto del agua en el área.

Evaluación del enrollador con ala piovana

En evaluación realizada a un enrollador con ala piovana y boquillas en la posición hacia abajo, como resultado se tiene que después de procesada la información que la lámina promedio aplicada fue de 21,43 mm y la del cuarto más bajo de 7,38 mm. Esto conlleva a una eficiencia de descarga del 71,8%. El coeficiente de uniformidad fue de 83,9% el que se considera de bueno para este tipo de sistema de riego si se tiene en cuenta que la prueba se realizó en condiciones de campo.

Evaluación del enrollador con cañón

Una vez procesada la información obtenida se pudo determinar que la lámina promedio aplicada alcanza el valor de 29,95 mm. Estos valores manifiestan la representación estadística del patrón de recolección, en el caso del área que fue regada con el aspersor de largo alcance, más del 70% estuvo bien regada, la lámina teórica aplicada por el cañón fue de 29,95 mm y la lámina del cuarto más bajo es de 9,65 mm por lo que la eficiencia de descarga fue del 59,5% y el coeficiente de uniformidad de 70%, que se considera como aceptable teniendo en cuenta que es obtenido en condiciones de campo. Por lo anterior, se considera que el manejo del aspersor fue adecuado, teniendo en cuenta las características propias del mismo (presión, diámetro y forma de la boquilla y ángulo de descarga).

Según los criterios planteados por Merriam y Keller (1978), indican, que para cultivos de raíz profunda como los frutales donde la precipitación suplementaria es substancial, la uniformidad más económica puede estar en el rango de 72 a 83%. Por otro lado, Keller (1990) citado por Tarjuelo (2005) señala, que los enrolladores con aspersores de largo alcance, cuando están bien diseñados y manejados, suelen alcanzar un porcentaje de coeficiente de uniformidad de 82%, con velocidad del viento de entre 0 y 2 m·s⁻¹.

Resultados evaluación pluviométrica máquina western CPA “Jorge Dimitrov”

La uniformidad del riego es un factor que debe considerarse cuando se pretende determinar estrategias de riego óptimas y, además, se están seleccionando alternativas de cultivos que persiguen el máximo beneficio económico (Heineman y Frizzone, 1995; Tarjuelo *et al.*, 2005).

En la Tabla 1, se presentan los resultados de la evaluación de campo de la máquina de riego, donde se aprecian los Coeficientes de uniformidad y de variación por tramos. El valor más elevado fue de 89,8% en el segundo tramo y el más bajo de 78,56% en la consola.

TABLA 1. Comportamiento de los valores de CU_h y CU_v por tramos en la máquina de riego de pivote central Western

Tramos	Área que ocupa (ha)	Porcentaje del área total (%)	Lámina media (mm)	Desv. Lam med. máquina (mm)	CU_h (%)	CU_v (%)
1	1,15	3,50	15,00	-0,08	81,72	78,76
2	3,47	10,60	13,73	-1,35	89,80	87,03
3	5,77	17,60	14,45	-0,63	84,7	79,14
4	8,09	24,68	16,40	+1,32	88,25	86,40
5	9,30	28,36	13,43	-1,65	85,98	83,29
Consola	5,00	15,24	15,72	+0,64	78,56	74,02

Al valorar el comportamiento de la máquina de pivote central se detectó que el coeficiente de uniformidad de Christiansen a lo largo de toda la máquina alcanzó un valor de 85,08%, lo que puede catalogarse de bueno y se obtuvo además un 57% del área regada adecuadamente, la eficiencia de descarga alcanzó un valor de 72,3%.

Cuando se analizan los valores por tramos se observó que en el segundo tramo existió un mayor valor del coeficiente de uniformidad para un 89,8%. Este resultado infiere que en esta zona de la máquina fue donde la calidad del riego es adecuada. Esto concuerda con lo que se muestra en la Figura 5, donde los valores obtenidos se encuentran entre el 90 y 110% de la lámina media recogida en los pluviómetros.

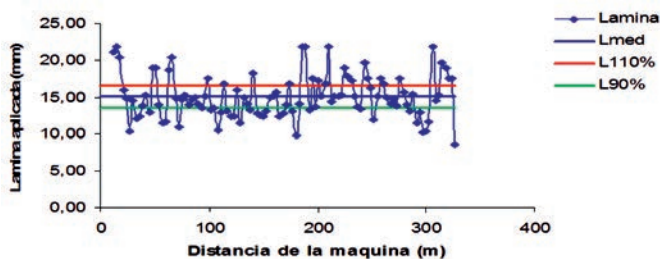


FIGURA 5. Comportamiento de la lámina aplicada a lo largo de la máquina de pivote central eléctrica.

Coefficiente de Uniformidad y Eficiencia de descarga por técnicas

Autores como Shilo (2000) y Tarjuelos (2005), coinciden en plantear que los parámetros cualitativos que caracterizan la calidad del riego son el *coeficiente de uniformidad* que es una idea de la igualdad con que el agua de riego se reparte en los distintos puntos de la parcela y la *eficiencia de descarga* que dan idea de la extensión de la parcela en que el riego se ha aplicado correctamente.

En la explotación de los sistemas de riego por aspersión en la agricultura, se le ha dado más importancia a la uniformidad que a la eficiencia. Tal es así, que Tarjuelo (2005) establece una clasificación de la calidad del riego a partir del Coeficiente de uniformidad, donde plantea que si este parámetro es superior al 90%, la parcela está muy bien regada, cuando oscila entre el 85 y 90% está bien regada y cuando es menor del 85% está mal regada. Sin embargo la práctica productiva nos ha demostrado que sistemas de riego por aspersión con buena uniformidad, presentan caídas en los rendimientos de los cultivos regados. En la figura 6 se muestra como variaron estos parámetros, donde técnicas de riego con un coeficiente de uniformidad bueno presentan eficiencias de descarga bajas, como es el caso del lateral rodante y el enrollados con cañón, no así para el enrollador con ala piovana y la maquina de pivote central eléctrica, esto pudiera estar asociado a que la altura de las boquillas con respecto al suelo es menor y por tanto la gota de agua es menos afectada por el fenómeno de la evaporación o arrastre. Van Bernuth (1990), Montero (1998) y Terjuelos (1999) hacen referencia en trabajos de investigación que mientras más tiempo esta la gota de agua en el aire se ve mas afectada por los fenómenos antes mencionados lo que

inciden en los indicadores de calidad de riego.

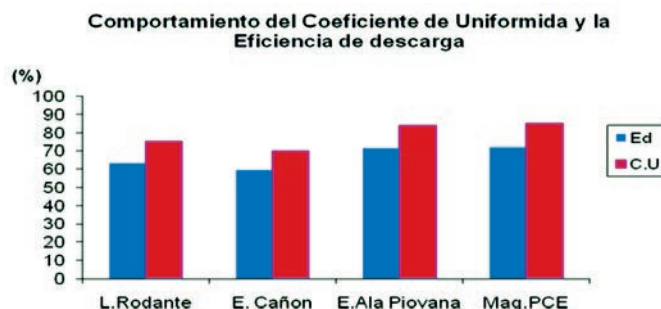


FIGURA 6. Relación de los parámetros coeficiente de uniformidad y la eficiencia de descarga por técnicas.

L. Rodante: Lateral rodante, **E. Cañón:** Enrollador con cañón, **E. Ala Piovana:** Enrollador con ala piovana, **Máq. PCE:** Máquina de pivote central eléctrica.

Para tener una idea de la importancia que se le confiere a la Ed, en un trabajo sobre eficiencia de almacenamiento en suelos agrícolas irrigados de Cuba (López *et al*, 2010), relacionando este parámetro con la eficiencia de descarga plantea que para una eficiencia de descarga del sistema de riego del 90% la eficiencia de aplicación del riego para un límite productivo del 85% de la capacidad de campo se reduce en un rango desde 4% para los suelos arcillosos hasta un 10% para los suelos arenosos de menor eficiencia. Con la disminución de la eficiencia de descarga y el aumento del límite productivo, el rango de reducción de la eficiencia de aplicación del agua de riego se hace mayor (entre 15% hasta 60%), elemento este que debe tenerse muy en cuenta pues para lograr eficiencias de almacenamiento elevadas se debe trabajar con coeficientes de uniformidad mayor del 90%.

Análisis del volumen de agua aplicado por cada técnica de riego por aspersión

Para el estudio se tomó como norma neta promedio a aplicar $250 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, que corresponde al cultivo la papa teniendo como referencia la aplicación de 20 riegos durante todo el ciclo biológico del cultivo en la variedad Callwhite (90 días). En la Tabla 2 se reflejan los resultados del análisis de los volúmenes de agua a extraer de la cuenca por técnicas, utilizando los valores de eficiencia de descarga obtenidos en las evaluaciones de campo realizadas.

TABLA 2. Volúmenes de agua a extraer por técnicas teniendo en cuenta la eficiencia de descarga.

Técnica	Ed (%)	Norma neta ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	Norma bruta ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	Diferencia (m^3)	Para 20 riegos (m^3)
E. Ala Piovana	71,80	250	348,18	98,18	1963,60
E. Cañón	59,50	250	420,16	170,16	3403,20
L. Rodante	63,22	250	395,44	145,44	2908,80
Máq. PCE	72,30	250	345,78	95,78	1915,60
Total					10191,20

De la Tabla anterior se puede inferir que con los valores de eficiencia de descarga actuales la actividad del riego en la cooperativa es insostenible y no contribuye al uso eficiente del agua para riego, por lo que todas las acciones deben estar encaminadas a la mejora de los coeficientes de uniformidad y con ello la eficiencia de descarga.

Al analizar los resultados de manera global, se puede observar que con los valores de eficiencia por técnicas, para poder cumplir con las necesidades hídricas del cultivo de referencia, es necesario extraer de la cuenca Ariguanabo un volumen total de 10 191,20 m³ de agua.

Si se pretende hacer un uso eficiente del agua para riego, es necesario en primer lugar mejorar los coeficientes de uniformidad actuales a partir de realizar una serie de trabajos encaminados a ello, los mismos aparecen en el plan de acción recomendado para la CPA “Jorge Dimitrov”.

Propuesta del plan de acción

- Aplicar el riego según programación (cuanto y cuando regar), tener en cuenta la demanda evaporativa de la atmósfera y los coeficientes de cultivo. Para ello auxiliarse del Servicio de Asesoramiento al Regante.
- Cuando se elabore el Plan de Riego y Uso del Agua de la cooperativa, confeccionarlo teniendo en cuenta la eficiencia de descarga real que tienen sus sistemas de riego.
- Realizar evaluaciones de campo a los sistemas de riego con mayor frecuencia para conocer el estado de funcionamiento.
- Cuando termine la campaña de riego dar mantenimiento a los sistemas y en especial a los emisores de riego.
- Para una eficiente aplicación del agua tener en cuenta lo siguiente:
 - Aspersores funcionando dentro del rango de presiones recomendado.
 - No regar con velocidades del viento superior a 2,0 m-seg⁻¹.

- Elección de un adecuado posicionamiento del aspersor de acuerdo con las recomendaciones y/o ensayos de distribución (posicionamiento igual a espaciado sobre y entre las líneas y la forma en que los mismos son dispuestos sobre el terreno).
- Perpendicularidad del elevador y del aspersor.
- Mantenimiento de las boquillas aspersoras (reemplazo de las boquillas gastadas que puede causar desviaciones en la descarga y la distribución).
- Capacitar a los regadores para lograr una correcta operación y explotación de los sistemas de riego ubicados en las áreas de la entidad de referencia.
- Concentrar la siembra de los cultivos más exigentes al agua en las áreas bajo riego con mayores eficiencias de descarga y coeficiente de uniformidad.

CONCLUSIONES

- En la CPA “Jorge Dimitrov” del área total bajo riego, el mayor porcentaje corresponde al Lateral Rodante, seguido de las Maquina de Pivote Central Eléctrica y los Enrolladores.
- De las técnicas de riego por aspersión evaluadas la Maquina de Pivote Central Eléctrica es la que presenta la mejor relación coeficiente de uniformidad (C.U.) - eficiencia de descarga (Ed).
- Los mayores volúmenes de extracción de agua para riego en la CPA, están asociados a las técnicas de riego de enrolladores con cañón y Lateral Rodante, debido a sus bajas eficiencia de descarga.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDI, O.: *IRRIFRANCE*, catálogo de irrigación, Francia, 2007.
- ALABANDA, P. J.S: *Trabajo profesional de fin de carrera “Evaluación y manejo de sistemas de riego*, Ed. Universidad de Córdoba, Dpto. de agronomía, Córdoba, Argentina, 2001.
- FAO: *FAOSTAT Database Results. Food Agricultural Organization [en línea] 2006, Disponible en: <http://faostat.fao.org>. [Consulta: agosto 15 2013].*
- HEINEMAN, A.B.; FRIZZONE, J.A.: *Custo da mel hora da uniformidade de distribucao de agua por un pivot central vs. Economía de energía*, En: *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, SBEA, pp. 189, Viçosa, MG, Brasil, 1995.
- INTERNATIONAL STANDARD ISO 8224-1: *Part. 1. Operational characteristics and laboratory and field test methods. Second edition. 38p.* Vig. 2003.
- JIMÉNEZ, E; M. DOMÍNGUEZ; L. MONTERO; R. CUN: “Estudio de la uniformidad de riego, en una maquina de pivote central eléctrica”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(1): 73-78, 2009.
- KELLER, J. & R.D. BLIESNER: *Sprinkler and trickle irrigation*, Van No strand Reinhold, New York, 1990.
- LÓPEZ, S.; T. G. CID; J. HERRERA; F. GONZÁLEZ: *Eficiencia de almacenamiento del agua en suelos agrícolas irrigados de Cuba, [en línea] 2010, Disponible en: <http://faostat.fao.org>. [Consulta: agosto 15 2013].*
- MERRIAM, J.L. & J. KELLER: *Farm Irrigation System Evaluation: a Guide for Management*, UTAH State University, Logan, UTA, USA, 1978.
- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA: *Balance de áreas bajo riego*, Ed. MINAG, La Habana, Cuba, 2008.
- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA: *Reglamento para la operación y mantenimiento de los sistemas de riego y drenaje.*, Ed. MINAG, La Habana, Cuba, 2009.
- MONTERO, J.; F. ORTEGA; J.M. TARJUELO; T. HONRUBIA: *Análisis de las pérdidas por evaporación y arrastre en el riego por aspersión*, En: *XV Congreso Nacional de Riegos*, Palma de Mallorca, 1998.
- NC ISO-11545: *Agricultural Irrigation equipment. Centre pivot and moving lateral irrigation machines with spray or sprinklers nozzles, Determination of uniformity of water distribution*, Vig. 2007.
- NC-ISO 11545: *Máquinas agrícolas para riego—pivotes centrales y máquinas de avance frontal equipadas con boquillas difusoras o aspersores—determinación de la uniformidad de distribución del agua*, Vig. 2007.
- NC-ISO 8224-1: *Máquinas de riego móviles — parte 1: características del funcionamiento y métodos de ensayo de laboratorio y de campo*, Vig. 2011.

SHILO, C.: "Riego por Aspersión puede aumentarse su eficiencia?" *Rev. Internacional de Agua y Riego*. 20 (4): 15-20, 2000.

TARJUELO, M.B. J.M: *El Riego por Aspersión y su tecnología*, pp. 239-268, 3ra. Edición Mundi Prensa, Madrid. España, 2005.

TARJUELO, M.B. J.M: *El Riego por Aspersión y su tecnología*, pp. 250-287, 2da. Edición Mundi Prensa, Madrid. España, 1999.

VAN BERNUTH, R. D. & I. SEGNER: Wind considerations in sprinkler system design, Vision of the future, In: Third national irrigation symposium. pp. 334-339, ASAE, 1990.

Recibido: 12 de febrero de 2013.

Aprobado: 27 de diciembre de 2013.

Enrique Cisneros Zayas, Ing., Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2 ½, Rpto. Abel Santamaria, Boyeros, La Habana, Cuba. Tel: (53) (07) 691-2533; 691-2665, Correo electrónico: dptoriego1@iagric.cu

Nota: 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.

**...sistemas integrales de ingeniería agrícola
nuestra contribución a la seguridad alimentaria...**



**desarrollamos
y comercializamos**

- **Elementos para Sistemas de Riego.**
- **Implementos y Equipos de Mecanización Agropecuaria.**
- **Asistencia Técnica especializada para la instalación, y explotación de tecnologías agrícolas.**
- **Servicios de ingeniería para el diseño de sistemas de riego y drenaje y equipos y máquinas agrícolas.**
- **Servicios de pruebas y validación de tecnologías agrícolas.**
- **Servicios de capacitación y entrenamiento especializados en los campos de la ingeniería agrícola.**

INFORMACIÓN: Unidad de Producciones Tecnológicas y Comercial
Avenida Camilo Cienfuegos y Calle 27 Arroyo Naranja
E-mail: agricomercial@minag.cu Teléfonos(537) 691 2533 / 691 2665