

## **Régimen de riego de explotación con la técnica por enrolladores, en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.).**

Jesús A. Sánchez Gutiérrez<sup>1</sup>, Yoslen Fernández Gálvez<sup>2</sup>, Mayra Martínez Pírez<sup>3</sup>, Camilo Bonet Pérez<sup>4</sup>, Manuel A. Hernández Victoria<sup>5</sup>, Arlandy Noy Perera<sup>6</sup>.

Fecha de recibido: 6 de abril de 2015

Fecha de aceptado: 21 de octubre de 2015

### **RESUMEN**

El estudio se realizó en áreas del Banco de Semilla Básico, perteneciente a la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-Oriental de Camagüey, sobre un suelo pardo con carbonatos en el periodo comprendido del 2013 al 2014. Con el objetivo de satisfacer los requerimientos hídricos que demanda el cultivo de acuerdo a sus condiciones edafoclimáticas y a las diferentes fases fenológicas por las que transcurre, se elaboró un régimen de riego de explotación en la técnica por enrolladores. Para la determinación de la lluvia aprovechable se utilizó el método de Savo. Se realizó la adecuación y complementación del régimen de riego de proyecto mediante el resultado de los diferentes indicadores que caracterizan el régimen de explotación. Se determinaron los parámetros de trabajo de la máquina, para satisfacer las necesidades hídricas y a la vez obtener un mayor incremento del rendimiento agrícola del cultivo. Las evaluaciones y resultados obtenidos contribuyen a las consideraciones propuestas de manejo y operación de esta técnica de riego, lo cual resulta importante en el logro de una mayor eficiencia de esta tecnología.

**PALABRAS CLAVE/** caña de azúcar, *Saccharum officinarum*, enrolladores, régimen de riego, fases fenológicas.

---

<sup>1</sup> Especialista en Riego y Drenaje, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-Oriental (ETICA), Camagüey, Cuba: [jesus.sanchez@eticacm.azcuba.cu](mailto:jesus.sanchez@eticacm.azcuba.cu)

<sup>2</sup> Investigador Agregado, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-Oriental (ETICA), Camagüey, Cuba: [yoslen@eticacm.azcuba.cu](mailto:yoslen@eticacm.azcuba.cu)

<sup>3</sup> Especialista en Producción de Semillas, Delegación Provincial de la Agricultura (MINAG), Camagüey, Cuba: [esp.iagric@cmg.minag.cu](mailto:esp.iagric@cmg.minag.cu)

<sup>4</sup> Investigador, Delegación Provincial de la Agricultura (MINAG), Camagüey, Cuba: [esp.iagric@cmg.minag.cu](mailto:esp.iagric@cmg.minag.cu)

<sup>5</sup> Dr.C., Profesor Titular, Departamento de Agronomía, Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Camagüey, Cuba: [manuel.hernandez@reduc.edu.cu](mailto:manuel.hernandez@reduc.edu.cu)

<sup>6</sup> Director, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro-Oriental (ETICA), Camagüey, Cuba: [a.noy@eticacm.azcuba.cu](mailto:a.noy@eticacm.azcuba.cu)

## **Irrigation regime operating with the travelling gun technique in the cultivation of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.).**

### **ABSTRACT**

The study was carried out in areas of the Basic Seed Bank, belong it to the Sugarcane Research Territorial Station Center-East of Camagüey, on a carbonate brown soil in the period understood from the 2013 to 2014 year. In order to satisfice the water requirements that demand the sugarcane crop according to the soil and climatic condition and the different phenological phases an exploitation irrigation regimen in the travelling gun technique. The benefit rain was determined by the Savo method. The adjust and complementation of the irrigation regime through the results of the different indicators that characterizing the exploitation regime was realized. The machine work parameters were determined for satisficing the water necessities and obtain an increase of the crop yield. The evaluation and results obtained contribute to the proposal consideration of management and operation of this irrigation technique, it results important in the accomplishment of a major efficiency of this technology.

**KEY WORDS/** sugarcane, *Saccharum officinarum*, rollers , irrigation regime, phenological stage

### **INTRODUCCIÓN**

En nuestro país las plantaciones cañeras abarcan más del 40 % de las áreas cultivables y el azúcar representa unas de las primeras fuentes de exportación, además de unos 50 productos derivados (Jorge *et al.*, 2010).

La caña de azúcar necesita un suministro abundante y estable de agua para su crecimiento y desarrollo. En condiciones adecuadas, ésta crece en proporción directa con la cantidad de agua disponible, y por cada 10 mm de agua utilizada se puede obtener alrededor de 1 tonelada de caña por hectárea (BSES, 1991).

Los suelos agrícolas cubanos presentan niveles inestables de humedad, que son a su vez insuficientes para satisfacer totalmente los requerimientos hídricos que demandan las plantaciones cañeras en cada uno de sus períodos vegetativos (INRH, 2005). Situación que se agrava en las condiciones actuales de sequía que afectan a todo el territorio nacional. El potencial aprovechable de

agua en Cuba es de 38,1 Km<sup>3</sup>. El 70 % de este potencial se destina al regadío agrícola. El área actual de riego en caña cubre 65,6 mil ha efectivas (AZCUBA - INICA, 2012).

En las condiciones de Cuba la distribución y frecuencia de las lluvias a lo largo del año es muy irregular, por lo que el riego constituye un beneficio imprescindible para las plantaciones cañeras, con el cual es posible alcanzar incrementos de rendimientos de hasta 40 t/ha y más cuando el cultivo es correctamente atendido (Reynoso, 1998).

Los primeros estudios del riego con estos equipos se desarrollaron en el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola por Montero *et al.* (2009), donde determinaron los parámetros adecuados de explotación de esta técnica de riego para la plantación del plátano por el sistema extra denso, además se llevó a cabo un proyecto de investigación para valorar estos equipos desde el punto de vista técnico, trabajando en diferentes sistemas de producción. Tal es así, que Montero *et al.* (2010) realizaron un diagnóstico inicial para detectar las principales dificultades en la explotación de esta técnica de riego en diversos escenarios productivos.

Su fácil explotación y amplio uso en condiciones adversas, ha motivado el empleo de esta técnica a diferentes productores que han sido beneficiados con la tecnología de enrolladores o aspersores viajeros en la provincia de Camagüey. En el municipio Florida, la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar fue beneficiada con la inversión de un sistema de riego con enrolladores eléctricos, con el propósito de satisfacer las necesidades hídricas que necesitan las plantaciones en sus diferentes ciclos vegetativos, lo cual constituye un requisito indispensable para la obtención y producción de la semilla de los diferentes cultivares que se explotan en condiciones de producción en el territorio.

El uso efectivo del riego se consigue, cuando en la aplicación del mismo, se suministra la cantidad de agua que necesita la plantación en sus diferentes períodos vegetativos. Para resolver esto, debe disponerse de una adecuada planificación del riego que tenga en cuenta las normas, los plazos y los números de riegos a aplicar durante todo el ciclo vegetativo. Estos requerimientos hídricos se deben establecer para cada una de las fases en que se encuentre el cultivo y aplicarse en estrecha relación con la regulación de los diferentes parámetros de trabajo en que trabajará el enrollador, lo cual debe

basarse y fundamentarse en la propuesta de un régimen de riego de explotación.

Por lo que este trabajo tiene como objetivo elaborar un régimen de riego de explotación en la técnica por enrolladores, que contribuya a satisfacer los requerimientos hídricos que demanda el cultivo de la caña de azúcar en sus diferentes fases fenológicas, de acuerdo al régimen de riego de proyecto planificado y las condiciones edafoclimáticas existentes.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en el área perteneciente al Banco de Semilla Básica de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA), este se encuentra en los 21°.31' de Latitud Norte y los 78°.04' de Longitud Oeste, situado a los 57,08 m de altura sobre el nivel medio del mar (Estación Agrometereológica de Florida, 2011). El suelo que predomina se clasifica como pardo con carbonato plastogénico carbonatado lavado, según segunda clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1975).

Las condiciones climáticas que prevalecen en el área se caracterizan por una temperatura media promedio de 26,7 °C, con una máxima promedio de 31,4 °C y una mínima promedio de 21,6 °C. El régimen pluviométrico promedio anual es de 1236,78 mm de precipitaciones, produciéndose aproximadamente el 80 % de las mismas en el período comprendido entre los meses de mayo a octubre. La humedad relativa promedio es de 75,6 % (Estación Agrometereológica de Florida, 2011).

La dirección del viento predominante es del NE al E y la mayor frecuencia de la velocidad en la zona es de 10,8 km. Este elemento es importante a tenerlo en cuenta al aplicar el riego por aspersion, para lograr mantener la uniformidad en el humedecimiento del suelo.

La fuente de abasto del sistema de riego por enrolladores es la Micropresa ETICA, la cual se abastece del embalse Las Mercedes; en dicha fuente el agua se conduce por un canal de aproximación hasta la estación de bombeo que entrega el agua a las conductoras del sistema. La capacidad de la micropresa es la siguiente:

- Volumen total: 98 000 m<sup>3</sup>



- Evapotranspiración del cultivo (Etc)

$$ETc = ETo \times Kc$$

Donde:

ETc - evapotranspiración o necesidades hídricas del cultivo (mm/día)

Kc - coeficiente de cultivo

ETo - evapotranspiración de referencia (mm/día)

- Coeficiente de efectividad (M)

$$M = m_1 \times m_2$$

Donde:

m<sub>1</sub> - pendiente, precipitaciones y tipo de suelo.

m<sub>2</sub> - capa activa, precipitaciones y tipo de suelo.

- Lluvia aprovechable mensual (Pacheco *et al.*, 2006)

$$Lla = M \times Llc$$

Donde:

Lla - Lluvia aprovechable mensual (mm)

Llc - Lluvia caída mensual (mm)

- Déficit de humedad

$$DH = ETc - Lla$$

Donde:

DH - Déficit de humedad (mm)

Lla - Lluvia aprovechable mensual (mm)

ETc - Evapotranspiración del cultivo (mm)

- Número de riegos (NR)

$$NR = \frac{DH}{Npn}$$

Donde:

Npn - Norma parcial neta (m<sup>3</sup>/ha)

- Intervalo de riego (Ir)

$$Ir = \frac{\text{Días del mes}}{NR}$$

Donde:

Ir - Intervalo de riego (días)

NR - Número de riegos

- Volumen necesario (Vn)

$$Vn = Npb \times NR \times A$$

Donde:

Npb - Norma parcial bruta (m<sup>3</sup>/ha)

A - Área (ha)

- Hidromódulo neto (qn)

$$qn = \frac{Npn}{3,6 \times t \times d}$$

Donde:

Npn - Norma parcial neta (m<sup>3</sup>/ha)

d - días de riego

t - horas de riego diarias

- Hidromódulo bruto (qb)

$$qb = \frac{Npb}{3,6 * t * d}$$

Donde:

Npb - Norma parcial bruta (m<sup>3</sup>/ha)

d - días de riego

t - horas de riego diarias

Para determinar el régimen de trabajo del enrollador eléctrico de acuerdo a las condiciones de explotación, se aplicaron los siguientes elementos:

- Velocidad de desplazamiento del carro porta-aspersos

Se determinó la velocidad de desplazamiento del aspersor, para colocar en la máquina la palanca de selección de velocidad en la posición adecuada (aplicando la norma en correspondencia con la velocidad).

$$V = \frac{600 * Q}{Npb * b * KL}$$

Donde:

V - Velocidad de desplazamiento del aspersor o lateral (m/min) y se da (m/h)

600 - Para transformar (L a m<sup>3</sup>)

Npb - Norma parcial bruta (m<sup>3</sup>/ha)

Q - Caudal de la máquina (L/s)

- Ancho de la franja de riego

$$b = 2 * P * R_{\max}$$

Donde:

b - Ancho de la franja (m)

P - 0,78 (para viento mayor o igual a 3 m/s)

R<sub>máx.</sub> - Radio máximo de alcance (m) se obtiene en tablas dadas por el fabricante

- Coeficiente de corrección de la longitud de la franja de riego

$$KL = \frac{L_f}{LM}$$

Donde:

KL - Coeficiente de corrección de la longitud

L<sub>f</sub> - Longitud de la franja regada (m)

L<sub>m</sub> - Longitud de la manguera (m)

- Tiempo de riego en la posición inicial (tiempo de riego del carro porta-aspersos sin desplazamiento) (T<sub>i</sub>) (h)

$$T_i = \frac{2}{3} * \alpha / 360^\circ * R / V$$

Donde:

α - ángulo del sector mojado

R<sub>máx.</sub> - Radio máximo de alcance (m)

V - Velocidad de desplazamiento del aspersor (m/h)

- Tiempo de riego en desplazamiento en la banda (T<sub>d</sub>) (h)

$$T_d = L_f/V$$

Donde:

$T_d$  - Tiempo de riego en desplazamiento (horas)

$L_f$  - Longitud de la franja a regar (m)

- Tiempo de riego en la posición final (tiempo de riego con el carro porta aspersor sin desplazamiento) ( $T_f$ ) (h)

$$T_f = \frac{\alpha}{360} \times (1 - \alpha/360) \times R/V$$

- Tiempo de riego en la banda o posición

$$T_{rb} = T_i + T_d + T_f$$

- Intensidad media de aplicación (mm/hora)

$$I = \frac{3600 \times Q}{b \times V \times T_{rb} \times K_L}$$

Donde:

$I$  - Intensidad media de aplicación (mm/h)

$Q$  - Caudal L/s

$b$  - Ancho de la franja (m)

$V$  - Velocidad de desplazamiento del aspersor en (m/h)

$T_{rb}$  - Tiempo de riego en la banda (horas)

Se determinaron algunos indicadores económicos para ambos regímenes de riego. Para ello se utilizó el costo del volumen de agua según la ficha de costo del INRH, la que establece el cobro de \$ 18,00 por cada 1000 m<sup>3</sup> entregados. El costo de la energía eléctrica según la tarifa de costo establecida por la OBE en el territorio, estipulada con un cobro de \$ 0,84 por cada KW consumido.

Los valores de la evapotranspiración de referencia por meses y los del coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) se obtuvieron según el método Penman Monteith para la provincia de Camagüey.

Para la determinación de la lluvia aprovechable se utilizó el método de Savo (Pacheco *et al.*, 2006), en el que se determina el coeficiente  $m_1$  que considera las características del suelo, la pendiente del terreno y las precipitaciones y el coeficiente  $m_2$  que abarca la categoría del suelo, la precipitación ocurrida y la profundidad radicular.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Régimen de riego de explotación por fases del cultivo.



En las Tablas 1 y 2 se muestran los resultados obtenidos de la ETc media diaria y mensual respectivamente desde el inicio de la fase de brotación hasta la culminación del auge de crecimiento, observándose que los valores más elevados se presentan en el mes de abril para cada uno de los casos, coincidiendo a la vez esta fase con el período poco lluvioso y con la mayor necesidad hídrica de la plantación, en la cual es fundamental restablecer mediante el riego las pérdidas producidas en el proceso de evapotranspiración, lo que concuerda con Fonseca y Pérez (2005) al referirse que en esta etapa del año se alcanzan los valores más altos de evapotranspiración del cultivo, lo que influye negativamente en el número de hojas activas; en la longitud y diámetro de la hoja, y por consiguiente en una menor área estomática, lo que desfavorece el incremento del área foliar del cultivo y el cierre temprano del campo. Se puede observar que los indicadores evapotranspiración de referencia (ETo) y coeficientes del cultivo (Kc), aumentan hasta alcanzar su valor máximo en la fase de brotación y comienzan a disminuir al final de la etapa de gran período de crecimiento; por lo que cuando las necesidades de agua son mayores los coeficientes se incrementan.

**Tabla 1. Evapotranspiración del cultivo diaria (mm/d).**

Fases fenológicas	Brotación	Cierre de campo			Auge de crecimiento					
Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
ETo*	3,6	4,2	4,4	4,8	4,3	4,0	4,4	4,4	4,2	4,1
Kc	0,50	1,03	1,03	1,03	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
ETc	1,8	4,3	4,5	4,9	4,5	4,2	4,6	4,6	4,4	4,3

Fuente: \*Información brindada por el Sistema Automatizado SIERIED (2012)

**Tabla 2. Evapotranspiración del cultivo mensual (mm).**

Fases fenológicas	Brotación	Cierre de campo			Auge de crecimiento					
Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
T (d)	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31
ETc	54	120	139	147	139	126	142	142	132	133

La determinación de la lluvia aprovechable por el método de Savo (Tabla 3) permite constatar que el mes de mayo presenta el valor más más elevado de aprovechamiento de la lluvia.

**Tabla 3. Lluvia aprovechable por el método de Savo.**

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ll (mm)	7,5	6,9	18,1	185,6	323,4	138,8	240,6	161,8	216,3	150,4
m1	0,62	0,62	0,62	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
m2	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
M	0,49	0,49	0,49	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Lla (mm)	3,67	3,38	8,87	61,25	106,72	45,80	79,39	53,39	71,37	49,63

Los indicadores del régimen de riego (Tabla 4), de acuerdo al déficit de humedad existente fueron determinados los requerimientos hídricos necesarios para cada fase del cultivo, teniendo en cuenta las profundidades a humedecer en cada una de ellas. Obsérvese que los meses con mayores números de riegos (febrero a abril) se encuentran en la segunda fase de plantación (brotación – cierre de campo), lo cual coincide con el período del año de mayor demanda hídrica y por consiguiente con los valores de más alta ETc. Desde el punto de vista fenológico, la importancia que reúne el riego en esta fase radica en el incremento de la longitud y diámetro de los tallos, que conjuntamente con la población lograda en la etapa anterior se conformará el nivel de la producción, como consecuencia de lo anterior Vidal (2001) sugiere que en dependencia de las condiciones edafoclimáticas, el riego debe establecerse en esta etapa a intervalos más cortos.

**Tabla 4. Indicadores del régimen de riego de explotación.**

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
H (m)	<u>0,25</u>		<u>0,30</u>					<u>0,35</u>		
DH (mm)	50,3	116,6	130,1	85,7	32,3	80,2	62,6	88,6	60,6	83,4
Npn (mm)	20,9	25,0	25,0	25,0	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
Npb (mm)	27,8	33,3	33,3	33,3	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0
NR.	3	5	6	4	1	3	2	3	2	3
IR (d)	10	6	5	7	31	10	15	10	15	10
V(m <sup>3</sup> )	4014	9617	12021	7212	2743	8230	5487	8230	5487	8230
qn (L/s/ha)	0,72	1,44	1,44	1,44	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
qb (L/s/ha)	0,75	1,92	1,92	1,92	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	2,19

En el caso de la fase de gran crecimiento, donde el sistema radical aumenta, es necesario incrementar la norma y el intervalo de riego, lo cual coincide con Fonseca (1996) al afirmar que la aplicación del riego es más efectiva en el

período de máximo crecimiento, de tres a cinco meses siguientes al cierre de campo sobre todo, cuando coincide con los meses de mayo-agosto, por lo que resulta de primera importancia mantener una adecuada humedad en el suelo durante este período. Por otra parte, Humbert (1979) consideró que la frecuencia de los riegos depende, entre otros factores, del estado vegetativo de la caña de azúcar. A medida que el sistema radicular se extiende a capas del suelo más profundas, el intervalo y la norma a aplicar deben ser mayores.

El régimen de riego tanto de proyecto como explotación (Tabla 5) se caracteriza, en el caso del régimen de proyecto por los valores fijos de Npn, Npb, NR e IR y se refieren a una sola profundidad de humedecimiento durante todo el ciclo del cultivo, donde la eficiencia del sistema fue considerada al 85 % y no se tiene en cuenta la influencia de la intensidad de aplicación del aspersor con respecto a la velocidad de infiltración del suelo. Sin embargo, en el caso del régimen de explotación los parámetros de riego anteriormente mencionados se distribuyen en correspondencia con la fase en que se encuentre el cultivo y las diferentes profundidades a humedecer en cada una de ellas.

**Tabla 5. Régimen de riego de proyecto y explotación.**

Indicador	H (m)	Npn (m <sup>3</sup> /ha)	Ef (%)	Npb (m <sup>3</sup> /ha)	NR	IR (d)	qn (L/s/ha)	qb (L/s/ha)	V (m <sup>3</sup> )
Proyecto	0,30	270	85	318	20	9	0,83	0,98	45 919
Explotación									
Brotación	0,25	209	75	278	3	10	0,72	0,95	6021
Cierre de campo	0,30	250	75	333	15	6	1,44	1,92	36 064
Auge de crecimiento	0,35	285	75	380	14	15	1,66	2,19	38 410

Desde el punto de vista económico (Tabla 6) en el régimen de proyecto los indicadores analizados muestran valores fijos por ser establecidos durante todo el ciclo de la plantación, lo que no ocurre en el régimen de explotación al tener en cuenta las diferentes fases vegetativas por las que transcurre el cultivo y el empleo de diferentes Npb y NR. Se observa que la aplicación del régimen de explotación permite un ahorro sustancial de diferentes volúmenes de agua, el cual resulta más significativo durante la fase de brotación, por lo que se logra de esta forma un uso más racional de este recurso, a la misma vez se pueden disminuir los costos de los volúmenes de agua a utilizar en cada etapa del cultivo.

**Tabla 6. Indicadores económicos en según el régimen de riego.**

Fases/Indicadores	Volumen de agua (m <sup>3</sup> )	Costo volumen de agua (\$)	Tiempo bombeo (h, min.)	Costo energía eléctrica (\$)
<b>Brotación:</b>				
Régimen proyecto	45 919,20	826,54	182,22	13 163,50
Régimen explotación	6 021,48	108,38	23,53	1 726,15
Diferencia	39 897,72	718,16	158,32	11 437,35
<b>Cierre de campo:</b>				
Régimen proyecto	45 919,20	826,54	182,22	13 163,50
Régimen explotación	36 063,90	649,15	143,11	10 338,32
Diferencia	9 855,30	177,39	39,11	2 825,18
<b>Auge de crecimiento:</b>				
Régimen proyecto	45 919,20	826,54	182,22	13 163,50
Régimen explotación	38 410,40	691,38	152,42	11 010,98
Diferencia	7 508,80	135,16	29,47	2 152,52

También es importante señalar, que al disminuir el tiempo de bombeo en cada fase vegetativa del cultivo del régimen de explotación se disminuye el gasto de energía eléctrica, lo que permite el ahorro de recursos financieros en beneficio de la entidad. Por otra parte, al poner en práctica dicho régimen en el Banco de Semilla Básica se logra un incremento del rendimiento en un 20 % aproximadamente, con lo cual se obtendrían 108 t/ha.

Para lograr que el equipo se encuentre dentro de los parámetros técnicos establecidos, se determinó el régimen de trabajo del mismo de acuerdo a las condiciones de explotación (Tabla 7), en la que se expresan los resultados de la determinación de los diferentes tiempos de riego que se deben utilizar en cada posición de trabajo del equipo (tiempo de riego en la posición inicial y final sin desplazamiento y en la posición intermedia con desplazamiento del porta aspersor), los cuales establecen el tiempo de riego final que estará el enrollador en la franja o posición de riego para cada fase vegetativa del cultivo. En el caso de la fase de brotación, los tiempos de riego en la posición inicial y final sin desplazamiento representan 31 minutos; en la fase de cierre de campo representan 36 minutos para dichas posiciones y en la última fase 42 minutos, respectivamente. Los tiempos de riego están en función de la velocidad de

trabajo que desarrollará el equipo en cada fase y dependen de la longitud de la franja de riego.

**Tabla 7. Tiempos de riego (Tr.) en cada fase del cultivo.**

Fases fenológicas	Tr. posición inicial (h)	Tr. Desplaz. (h)	Tr. posición final (h)	Tr. franja (h)
Brotación	0,51	7,27	0,51	8,29
Cierre de campo	0,60	8,38	0,60	9,58
Auge de crecimiento	0,70	10,0	0,70	11,40

Los diferentes parámetros de trabajo del carrete con respecto a las fases del cultivo en que debe aplicarse el riego (Tabla 8). Se puede apreciar, que la velocidad de trabajo (V) disminuye a medida que cambian las fases y aumenta la norma parcial bruta, no siendo así con el tiempo de riego en la franja (Tr.f.), donde ocurre lo contrario. Además, se puede comprobar que los valores de intensidad de aplicación del aspersor (I.a.) se comporta por debajo de la velocidad de infiltración del suelo, lo que resulta favorable por no ocasionar encharcamientos ni escurrimientos superficiales, significando que en este tipo de suelo se puede regar con dicha intensidad sin peligro de erosión, coincidiendo lo anteriormente planteado con Pacheco *et al.* (2006).

**Tabla 8. Parámetros de trabajo de la máquina de riego en cada fase vegetativa.**

Fases fenológicas	V (m/h)	Tr.f. (h)	I.a. (mm/h)
Brotación	26,4	8,29	3,41
Cierre de campo	22,2	9,58	3,49
Auge de crecimiento	19,2	11,40	3,58

Las diferentes regulaciones que se le deben realizar al equipo para que logre entregar los requerimientos hídricos que establece el régimen de riego de explotación durante cada una de las fases del cultivo (Tabla 9), teniendo en cuenta la profundidad de la capa activa que se debe humedecer, existiendo de esta forma una estrecha relación entre las necesidades hídricas del cultivo y los parámetros de trabajo del enrollador (Tarjuelo, 2005).

**Tabla 9. Parámetros de explotación por fases fenológicas.**

Fases fenológicas	H (m)	Npb (m <sup>3</sup> /ha)	Posición (palanca de velocidad)	Presión (bar)	V (m/h)
Brotación	0,25	278	3 <sup>ra</sup>	5,0	26,4
Cierre de campo	0,30	333	3 <sup>ra</sup>	4,6	22,2
Auge de crecimiento	0,35	380	1 <sup>ra</sup>	5,3	19,2

Es de gran importancia, que el operador de los enrolladores conozca y ponga en práctica las regulaciones de los parámetros de trabajos establecidos según el régimen de explotación determinado, todo lo cual contribuiría con el ahorro de agua y electricidad, así como en el incremento en calidad y cantidad de la producción de semilla básica a entregar a los Bancos de Semilla Registrados de las UEB de la provincia.

### **CONCLUSIONES**

- Se determinaron los requerimientos hídricos que se necesitan para las diferentes fases fenológicas del cultivo, de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas existentes.
- Se logró la complementación del régimen de riego de proyecto mediante los resultados del régimen de explotación, para su posterior organización y ejecución.
- Se determinaron los parámetros de trabajo de la máquina, para poder entregar los principales indicadores hídricos que demanda cada fase vegetativa del cultivo.

### **RECOMENDACIONES**

- ✓ Elaborar un régimen de riego de explotación en todos los Bancos de Semilla Registrados que dispongan de la tecnología de riego con enrolladores en la provincia.
- ✓ Mantener un adecuado manejo y operación de esta técnica de riego, mediante la regulación de los parámetros de trabajo de la máquina en cada una de las fases fenológicas del cultivo, lo cual resulta importante en el logro de una mayor eficiencia de esta técnica.

## REFERENCIAS

- AZCUBA – INICA. (2012). *Instructivo Técnico para la producción y cultivo de la caña de azúcar*. (1ra.ed). La Habana, Cuba: PublINICA.
- BSES. (1991). *Irrigation of sugarcane*. (1ra.ed.). BSES – SRDC, p. 52.
- Estación Agrometeorológica de Florida. (2011). Medias de las variables climáticas mensuales en áreas agrícolas de la ETICA Camagüey.
- Fonseca, J y Pérez, J. (2005). *Manual de explotación del riego por aspersión*. (1a.ed). La Habana, Cuba: PublINICA.
- Fonseca, J. R. (1996). "Requerimientos de agua y respuesta de la caña de azúcar al Riego y Drenaje". Seminario para los jefes de Riego de las provincias y de los Complejos Agroindustriales (CAI), Dirección de Riego y Drenaje (DNRD), Ministerio del Azúcar (MINAZ), pp. 9-25.
- Hernández, A., Pérez, J., Ortega, O., Ávila, L., Cárdenas, A., Marrero, A, et al. (1975). Clasificación genética de los Suelos de Cuba. *Agricultura cañera*, 8 (1), 47-69.
- Humbert, R. P. (1979). *El cultivo de la caña de azúcar*. (1ra.ed). Ciudad de La Habana, Cuba: Revolucionarias, pp. 299-379.
- Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. (2005). *Informe sobre la Sequía en Cuba*. Ciudad de La Habana.
- Jorge, H., Jorge, I y García, H. (2010). *Variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba*. En: "Contribución al conocimiento de las variedades de caña de azúcar". INICA-MINAZ.
- Pacheco, J., Alonso, N., Pujol, P y Camejo, E. (2006). *Riego y Drenaje*. (2da.ed). La Habana, Cuba: Félix Varela.
- Reynoso, A. (1998). *Ensayo sobre el cultivo de la caña de azúcar*. (6a.ed). La Habana, Cuba: Publicaciones azucareras.
- Tarjuelo, J. M. (2005). *El riego por aspersión y su tecnología*. Ediciones Mundi- Prensa. p. 501
- Vidal, L. (2001). *Instructivo Técnico para los Jefes de Lote*. Villa Clara. EPICA Villa Clara. p. 88.
- Montero, L. M., Domínguez, R., Pérez, R y Jiménez, E. (2009). "Estudio Técnico-Económico de la tecnología de riego con aspersor viajero sectorial (enrolladores) en el cultivo del plátano". Informe final de proyecto de investigación, IAgric, MINAG, La Habana, Cuba, pp. 26.
- Montero, L. M., Domínguez, R y Jiménez, E. (2010). "Comprobación de las características técnicas de explotación de enrolladores introducidos en el país". Informe de Etapa, IAgric, MINAG, La Habana, Cuba, pp. 16.