



<https://eqrcode.co/a/3f6xmP>

RIEGO Y DRENAJE

ARTÍCULO ORIGINAL

Comparación entre dos estrategias de riego en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

*Comparison between two irrigation strategies in sugar cane production (*Saccharum officinarum*)*

Dr.C. Felicita González-Robaina^{*,} Dr.C. Enrique Cisneros-Zayas^{1,} MSc. Víctor M. Tejeda-Marrero^{1,} MSc. Desiré Baigorria-Padrón^{1,} Dr.C. Julián Herrera-Puebla^{1,} Dr.C. Greco Cid-Lazo¹

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

¹Estación Territorial de Investigación de la Caña de Azúcar (ETICA), Quivicán, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. En las condiciones actuales es necesario utilizar el agua en la agricultura de manera eficiente y que maximicen las producciones, es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo estudiar la influencia del manejo del riego en los rendimientos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) plantada en suelos Ferralíticos Rojos típicos. El estudio se realizó dentro del bloque experimental de la Estación Territorial de Investigación de la Caña de Azúcar; municipio Quivicán, provincia Mayabeque, donde se comparó la gestión del riego a partir de la propuesta del Servicio de Riego y Drenaje del INICA por fases fenológicas para la caña planta con la “*Hoja de pronóstico*” diseñada para la definición del momento de riego y la lámina a aplicar. El método de riego empleado fue aspersión con enrollador. Como resultado se tiene que fue necesario aplicar 27 riegos con norma neta total de 9450 m³ ha⁻¹ en caña planta. Al comparar el régimen de riego de explotación con el programado para la fase de gran crecimiento del cultivo se observa que según la programación se necesitarían 33 riegos con una lámina total de 1000,3 mm para mantener en el suelo un nivel de humedad adecuado para el buen desarrollo del cultivo. El régimen de riego propuesto por el Servicio de Riego y Drenaje sobre estima las necesidades en la fase de ahijamiento en un 29,5%, mientras que en la fase de gran periodo donde se producen procesos fisiológicos que inciden en los rendimientos existe un déficit de 144,7 mm.

Palabras clave: necesidades hídricas, caña planta, programación del riego, norma neta total.

ABSTRACT. Under current conditions it is necessary to use water in agriculture efficiently and to maximize production; that is why the present work aims to study the influence of irrigation management on the yields of sugarcane (*Saccharum officinarum*) planted in Red Ferralitic soils. The study was carried out in the experimental block of the Sugarcane Territorial Research Station (ETICA), municipality Quivicán, Mayabeque province, where irrigation management by phonological phases of sugar cane was compared from the proposal of the INICA Irrigation and Drainage Service with the “Irrigation schedule” designed for the definition of the time of irrigation and the water volume to be applied. The irrigation method used was the reel machine. As a result it was necessary to apply 27 irrigations with total net standard of 9 450 m³·ha⁻¹ in cane plant. Comparing the operating irrigation regime with that scheduled for the high growth phase of the crop shows that according to the schedule 33 irrigations with a total sheet of 1 000.3 mm would be needed to maintain in the soil a level of moisture suitable for the good development of the crop. The irrigation regime proposed by the Irrigation and Drainage Service estimates the needs in the budding phase by 29,5 %, while in the long period phase, where physiological processes that affect yields occur, there is a deficit of 144,7 mm.

Keywords: Water Consumptions, Sugar Cane Plant, Irrigation Schedule, Total Net Duty.

*Autora para correspondencia, Felicita González-Robaina, e-mail: felicitagonzalez89@gmail.com

Recibido: 09/01/2020.

Aprobado: 25/09/2020.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a Tarjuelo (2005) el objetivo del riego es suministrar a los cultivos, de forma eficiente y sin alterar la fertilidad del suelo, el agua adicional a la precipitación que necesitan para su crecimiento óptimo y cubrir las necesidades de lavado de sales, en caso de que se requiera, de forma que evite su acumulación en el perfil del suelo, asegurando la sostenibilidad del regadío.

La estrategia más extendida para realizar un adecuado manejo del agua en la agricultura bajo riego es la programación de riego, la cual identifica el momento y la cantidad de agua que se ha de aportar al cultivo en cada riego y cuyo manejo se puede realizar en base a diferentes criterios agronómicos (maximizar la producción total de la explotación agrícola, lograr el máximo beneficio económico, etc.) (Matos, 2020).

En Cuba el Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD), desde los años 80, propuso la planificación y explotación del riego de los cultivos mediante el llamado “pronóstico del riego” donde la aplicación de este método cuantificó incrementos en los rendimientos de 2,6 – 33,3% y ahorros de agua hasta de 32% (Rey *et al.*, 1982).

En una publicación de Cisneros *et al.* (2007a) se dieron a conocer acciones para la implementación del Servicio de Asesoramiento al Regante (SAR) con el objetivo de atender las demandas de los agricultores en todos los temas relacionados con el manejo del agua y sistemas de riego, contribuyendo así a una utilización eficiente de la misma. Posteriormente Cisneros *et al.* (2013), propusieron para la programación del riego la herramienta de cálculo en formato Excel “Hoja Pronóstico de Riego” definida como resultado de la implementación del Servicio de Asesoramiento al Regante en las provincias Artemisa y Mayabeque.

Resultados recientes de Matos (2020), informan que con la programación del riego a través de la herramienta “*Hoja Pronóstico de Riego*” se pueden reducir los volúmenes de agua consumidos para el riego en un 23% y contribuir en

el incremento del rendimiento agrícola en 23,2% con respecto a los sistemas de riego donde se asume el criterio de intervalos y normas fija.

El área total de caña bajo regadío en Cuba en el año 2019, según AZCUBA 2019), es de 84 983,39 ha y se proyecta en el periodo 2019 – 2030 incrementar el área con riego a 234 610,45 ha con un total de 1400 sistemas de riego, de ellos 259 máquinas de pivote, 160 enrolladores, 23 goteo, 26 gravedad eficiente y 932 gravedad tradicional.

El Programa de Desarrollo de la caña de azúcar en Cuba prevé la introducción gradual de nuevos cultivares a la producción cañera, los cuales presentan características agro-productivas y de resistencia superiores a las comerciales actualmente y se priorizaran en áreas bajo riego de forma que posibiliten incrementar la producción de caña y así aumentar el aporte a la economía de nuestro país (Pompa, 2013, citado por Baigorria *et al.* (2020).

Teniendo en cuenta todo lo anterior el presente trabajo tiene como objetivo estudiar la influencia del manejo del riego en los rendimientos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) plantada en suelos Ferralíticos Rojos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó dentro del bloque experimental, perteneciente a la Estación Territorial de Investigación de la Caña de Azúcar (ETICA), municipio Quivicán, provincia Mayabeque, con coordenadas geográficas: Latitud 22° 47’ Norte y Longitud 82° 23’ Oeste; en un suelo Ferralíticos Rojos típicos según la Segunda Clasificación Genética de los suelos de Cuba (Instituto de Suelos, 1980). Son de perfil tipo ABC, en cuyo horizonte A la materia orgánica oscila entre 2 y 4%. Los niveles de fósforo y potasio en estos suelos alcanzan valores medios entre 4-4,5 y 11-12 mg/100g de suelo, respectivamente, según las categorías establecidas por el Servicios de Fertilizantes y Enmienda (SERFE). Son suelos productivos y fáciles de laborar con características hidrofísicas como se muestran en la Tabla 1.

TABLA 1. Características hidrofísicas del suelo Ferralíticos Rojos típicos (Cid *et al.*, 2011)

Prof.	SLCF Arena	SLCL Arcilla	SLSI Limo	SBDM Da	SDUL Cc	SLLL Límite prod	SSAT Suelo Satur.	SSKS K _{sat}	SLDR Inf. Básica
(cm)	%	%	%	g cm ⁻³	cm ³ cm ⁻³	cm ³ cm ⁻³	cm ³ cm ⁻³	mm día ⁻¹	m día ⁻¹
20	34,5	39,0	26,5	1,11	0,374	0,299	0,517	45,0	1,9
40	35,5	38,5	26,0	1,20	0,413	0,330	0,594		
60	41,0	37,6	21,4	1,20	0,408	0,326	0,474	8,1	
80	31,7	39,6	28,7	1,25	0,421	0,337	0,434		
100	30,0	37,0	33,0	1,30	0,425	0,340	0,478	38,0	

LEYENDA:

Prof: Profundidad, cm;

SLCF: Arena, %;

SLCL: Arcilla, %;

SLSI: Limo, %;

SBDM: Densidad Aparente o Peso Volumétrico, g cm⁻³;

SDUL: Límite Superior de la Reserva Fácilmente Utilizable (comúnmente llamada

Capacidad de Campo), cm³ cm⁻³;

SLLL: Límite Inferior de la Reserva Fácilmente Utilizable (comúnmente llamado Límite Productivo), cm³ cm⁻³;

SSAT: Suelo Saturado, cm³ cm⁻³;

SSKS: Conductividad Hidráulica Saturada, cm h⁻¹;

SLDR: Tasa de Drenaje en m día⁻¹.

El clima se puede clasificar como Tropical y estacionalmente húmedo, característico de los llanos interiores de las llanuras Artemisa, Mayabeque y Matanzas. La humedad relativa media 81,6%, la velocidad media del viento alcanza valores de 3,76 m s⁻¹. En el ritmo anual de las precipitaciones atmosféricas existen en Mayabeque dos estaciones del año claramente expresadas: la de sequía, que dura de noviembre a abril, y la de lluvias, de mayo a octubre (González *et al.*, 2012). El cambio de estas estaciones es bastante brusco. Los meses de transición, según el volumen de las precipitaciones, son abril y noviembre. La distribución de las precipitaciones durante las estaciones de lluvias y de sequía se debe a muchos factores: uno de ellos es el cambio de dirección y de velocidad de los vientos alisios reinantes y el paso de los ciclones tropicales.

La preparación de suelo se realizó utilizando el laboreo tradicional: rotura, cruce, recuce y surca para lograr que el suelo quede totalmente mullido y libre de residuos vivos de la cepa anterior, las demás atenciones culturales se efectuaron de acuerdo al Instructivo Técnico para la producción y cultivo de la caña de azúcar (MINAZ, 2006). La aplicación de fertilizantes se realizó según la recomendación del SERFE (2007), con una dosis de NPK de 100 kg N, 30 kg P y 70 kg de K.

El método de riego empleado fue de aspersión con enrollador, el diámetro de la tubería es de 110 mm y una longitud de 250 m, el diámetro de la boquilla principal del cañón de 30 mm y un caudal de 58,65 m³·h⁻¹, la presión de trabajo medida a la entrada del hidrante 500 kPa y 300 kPa en la boquilla. Se consideró una eficiencia de aplicación del riego de 70%, tal y como indica la Resolución 287/2015. El manejo del riego se realizó teniendo en cuenta la norma neta parcial de 350 m³ ha⁻¹ hasta la profundidad de 0,4 m e intervalo fijo de 10 días, considerando las precipitaciones medidas en el pluviómetro ubicado

en el área experimental; los valores de evapotranspiración de referencia (ET₀) y el coeficiente del cultivo (Kc) por edades y fases fenológicas fueron tomados de la Base de datos del Servicio de Riego y Drenaje del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA, 2018).

Para comprobar los efectos en la demanda de riego con el tratamiento anterior y el método de pronóstico, se simuló lo que hubiera sucedido, para las mismas condiciones climáticas del periodo experimental, si el riego se hubiera programado siguiendo el criterio de aplicación del mismo cuando se hubiera agotado el 80% de la reserva de humedad a capacidad de campo y para ello se utilizó la herramienta de cálculo en formato Excel “Hoja Pronóstico de Riego” definida por Cisneros *et al.* (2007b). El programa consta de cinco ventanas: glosario términos, entrada datos y pronóstico, procesamiento balance, datos suelo, coeficientes de cultivo y profundidad de raíces.

La hoja glosario términos contiene todos los términos utilizados en la hoja y su significado, lo que facilita al interesado la operación del programa. La hoja entrada datos y pronóstico permite al usuario introducir toda la información necesaria para el balance de humedad, entre los que se encuentran: fecha de siembra, datos del cultivo: coeficiente de cultivo (Kc), profundidad de las raíces (Zr), datos del clima: evapotranspiración de referencia (ET₀) y precipitaciones, datos del suelo: tipo de suelo, humedad inicial, humedad a capacidad de campo y límite productivo (Figura 1).

En la hoja procesamiento balance se muestra el algoritmo utilizado en la programación del riego. Las hojas datos suelo, coeficientes de cultivo y profundidad de raíces poseen información útil o complementaria para facilitar al usuario la utilización del software.

Pronóstico del Riego														
Lugar:		EPICA Quivacán												
Suelo:		Ferralítico Rojo Típico												
Cultivo:		Caña de azúcar												
Variedad:		12 variedades												
Fecha		Datos Cultivo		Datos Clima		Datos Suelo			Hm riego inicial (mm)	PRONOSTICO INICIAL No riego (mm)	PRONOSTICO AJUSTADO No riego (mm)	Riego NO efectuado	Observaciones	
Mes	Día	Día cultivo	Zr (m)	Kc	ET ₀ (mm)	Precip. (mm)	W _{Zr} Inicial (m ³ /m ³)	W _{Zr} a Cc (m ³ /m ³)						LP Dc W _{Zr} a Cc
2015	octubre	28	1	0,15	0,4	3,2		0,374	0,374	80	0,0	0,0		
		29	2	0,15	0,4	3,2			0,374	80	0,0	0,0		
		30	3	0,16	0,4	3,2			0,374	80	0,0	0,0		
		31	4	0,16	0,4	3,2			0,374	80	0,0	0,0		
	noviembre	1	5	0,17	0,4	2,6			0,374	80	0,0	0,0		
		2	6	0,17	0,4	2,6			0,374	80	14,4	14,4		
		3	7	0,18	0,4	2,6	13,5		0,374	80	0,0	0,0		
		4	8	0,18	0,4	2,6	4,5		0,374	80	0,0	0,0		
		5	9	0,19	0,4	2,6			0,374	80	0,0	0,0		
		6	10	0,19	0,4	2,6	7		0,374	80	0,0	0,0		
		7	11	0,20	0,4	2,6			0,374	80	0,0	0,0		
		8	12	0,20	0,4	2,6			0,374	80	0,0	0,0		
		9	13	0,20	0,4	2,6			0,374	80	0,0	0,0		
		10	14	0,21	0,4	2,6			0,374	80	0,0	0,0		
11	15	0,21	0,4	2,6	8		0,374	80	0,0	0,0				
12	16	0,22	0,4	2,6			0,374	80	0,0	0,0				

FIGURA 1. Ventana entrada de datos y pronóstico.

Esta herramienta de cálculo tiene como base un algoritmo de balance hídrico simplificado según la expresión siguiente, definida por López *et al.* (2003):

$$A_{Zr_2} = A_{Zr_1} + R + P_{efect} - ETc \quad (1)$$

donde:

A_{Zr_1} y A_{Zr_2} : láminas de agua en mm almacenadas en la zona radical efectiva del cultivo, Z_r , para los días iniciales y final del periodo de tiempo considerado en el balance, que fue diario.
 R: lámina de agua diaria en mm ingresada por el riego efectuado.
 P_{efect} : lámina de agua diaria en mm ingresada por las precipitaciones efectivas. Los datos de las precipitaciones se tomaron a partir de un pluviómetro colocado en el área y para el cálculo de la precipitación efectiva se consideró la diferencia entre la lámina de agua almacenada en el momento antes de la precipitación y el límite superior del agua disponible o lámina a capacidad de campo (Cc). La diferencia se asumió como pérdidas por drenaje interno (D).
 ETc: evapotranspiración diaria del cultivo en mm estimada

por el enfoque de coeficiente único según lo definido en el boletín FAO 56 de Allen *et al.* (1998) con la expresión siguiente:

$$ET_c = K_c * ET_0 \quad (2)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se muestra el balance hídrico de la zona y el comportamiento de las precipitaciones durante la fase caña planta con respecto a la serie histórica de 20 años (1997-2017), que mostró un promedio anual de 1389,90 mm, del cual ocurre el 77% en el periodo lluvioso.

En el periodo de desarrollo de la caña planta de 16 meses (octubre 2015-marzo 2017), precipitaron 1433 mm distribuidos en 92 eventos, este valor total de lluvias fue un 3% superior al promedio histórico. El balance hídrico de la zona (Figura 2) muestra de manera general que en los meses de máxima demanda del cultivo (mayo-enero) las precipitaciones fueron insuficientes, lo que indica la necesidad del riego como complemento de las necesidades hídricas de la caña.

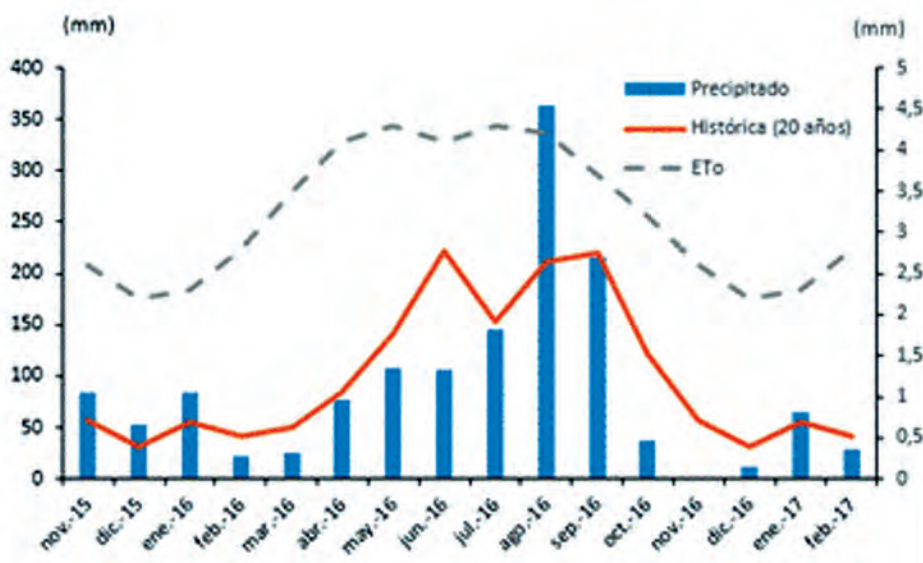


FIGURA 2. Comportamiento de las precipitaciones y la ET_0 durante la fase caña planta, con respecto al histórico.

En la Figura 2 puede observarse, que, para los meses de febrero, marzo y junio 2016, la disminución de la precipitación respecto al promedio histórico son de 48, 51 y 53%, respectivamente, mientras que en los meses de octubre a diciembre 2016 decrecen en 70%. Por otra parte, en solo 6 meses de los 16, las precipitaciones respecto al promedio histórico fueron superiores.

El comportamiento de las precipitaciones mensuales influye en el buen desarrollo de las plantaciones cañeras independientemente del tipo de variedad que se utilice (Fonseca, 1984). En el periodo de gran crecimiento del cultivo (mayo 2016-enero 2017) precipitaron 1107,5 mm para un 77,28% del volumen total, sin embargo, los promedios mensuales no superan 33 mm (Figura 2) y entre los meses de octubre a diciembre 2016 solo se registraron 48,5 mm, lo que confirma la necesidad de regar para garantizar niveles de humedad en el suelo adecuados que contribuyan a la obtención de altos rendimientos.

En la Figura 3 se muestra una comparación entre las precipitaciones y las necesidades hídricas de la caña de azúcar en cada una de las etapas fenológicas del ciclo de vida de este cultivo. Las necesidades hídricas superan las precipitaciones en la primera etapa de brotación-ahijamiento y en la maduración con 204,3 y 81,9 mm, respectivamente. Mientras que, en la etapa de gran crecimiento, aunque precipitó 133 mm más que lo que necesitaba el cultivo, la distribución de las mismas no garantizó los niveles de humedad adecuado para esta etapa.

Es en esta fase de gran crecimiento donde se deciden el grosor y tamaño de los tallos, que conjuntamente con la población lograda en la etapa anterior, conformarán el nivel de rendimiento agrícola de la plantación. En particular en ésta etapa, debido en gran medida a las altas temperaturas, el agua no puede ser un factor limitante para la obtención de grandes producciones (Hernández y Arana, 2005).

Según criterios de (Fauconnier y Bassereau 1980), los requerimientos hídricos mínimos para el cultivo por mes son de

al menos 100 mm, coincidiendo con Crowley (1929, citado por Cuscó (1999) y Hernández (2009), quienes señalan en estudios realizados en Cuba, que cualquier período con menos de 127 mm de lluvia por mes puede considerarse como de seca con respecto al crecimiento de la caña de azúcar.

Por su parte, Ramírez (2009) llegó a la conclusión de que las precipitaciones constituyen el factor climático que más influye en la variación del comportamiento de los cultivares de caña de azúcar, no tanto por su cantidad o acumulado anual, sino por su distribución,

lo que favorece a la existencia de largos períodos de sequías que afectan el crecimiento y desarrollo del cultivo, siendo estos factores importantes en el rendimiento agrícola y el contenido azucarero.

Considerando el manejo del riego durante la fase experimental, a partir de la propuesta del Servicio de Riego y Drenaje del INICA, fue necesario aplicar 27 riegos con norma neta total de 9450 m³ ha⁻¹ en la etapa estudiada de caña planta, valores que se encuentran en el rango de los obtenidos por otros autores para diferentes condiciones experimentales (Fonseca y Lamelas, 1981; Avalos y Pacheco, 2012).

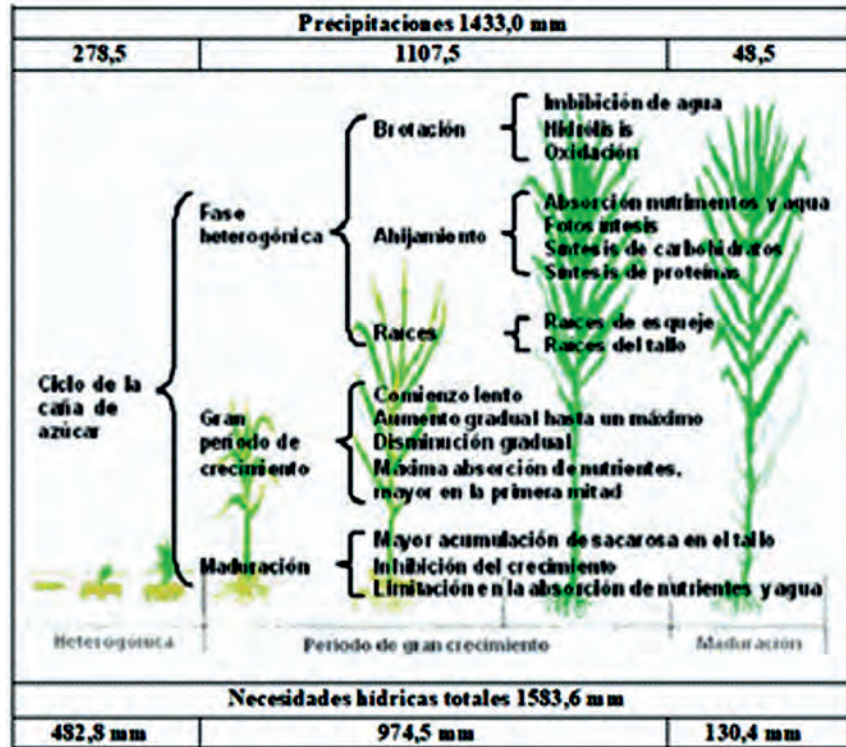


FIGURA 3. Comparación entre las precipitaciones y las necesidades hídricas por etapas fenológicas del ciclo de vida del cultivo de la caña de azúcar.

Monitoreo o comportamiento del contenido de humedad en el suelo según la “Hoja de pronóstico”

En las Figuras 4 y 5 se muestra el comportamiento de la humedad en el suelo en las fases de brotación-ahijamiento y

gran periodo de crecimiento de la caña de azúcar, respectivamente. Con el riego programado la humedad se mantuvo entre capacidad de campo (Cc, 0,394 cm³ cm⁻³) y el 80 % de ese valor (límite productivo, Lp, 0,315 cm³ cm⁻³), aunque en contadas ocasiones la humedad descendió por debajo del valor límite fijado.

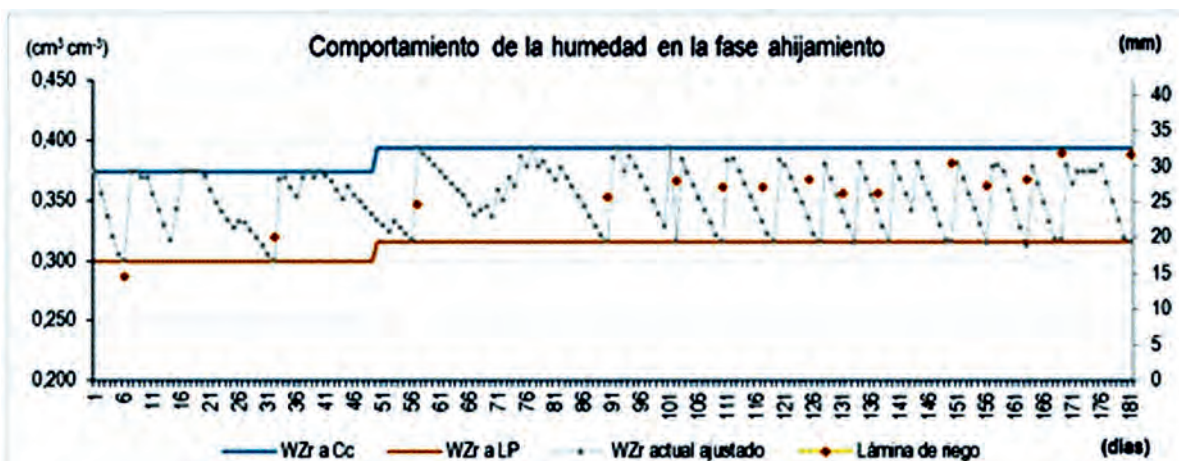


FIGURA 4. Comportamiento de la humedad y lámina de agua almacenada en la zona radical efectiva considerando el riego programado en la fase de ahijamiento.

En la Figura 4 aparecen las láminas de agua neta propuestas a aplicar mediante el pronóstico durante la etapa de ahijamiento del cultivo, donde se aprecia que las mismas estuvieron en el rango desde 14,4 a 31,5 mm y como promedio 26 mm de lámina en 15 riegos y lámina total de 394,7 mm.

En la Figura 5 aparecen las láminas de agua neta propuestas a aplicar mediante pronóstico durante la fase gran

periodo del cultivo, donde se aprecia que las mismas estuvieron en el rango desde 28,6 a 36,5 mm y como promedio 33 mm aplicada en 16 riegos y lámina total de 529,7 mm. Como puede observarse en la Figura 5, en la fase de mayor demanda hídrica por el cultivo, la humedad del suelo se encuentra entre los límites fijados, lo que indica que durante la fase considerada el cultivo no sufriría estrés hídrico.

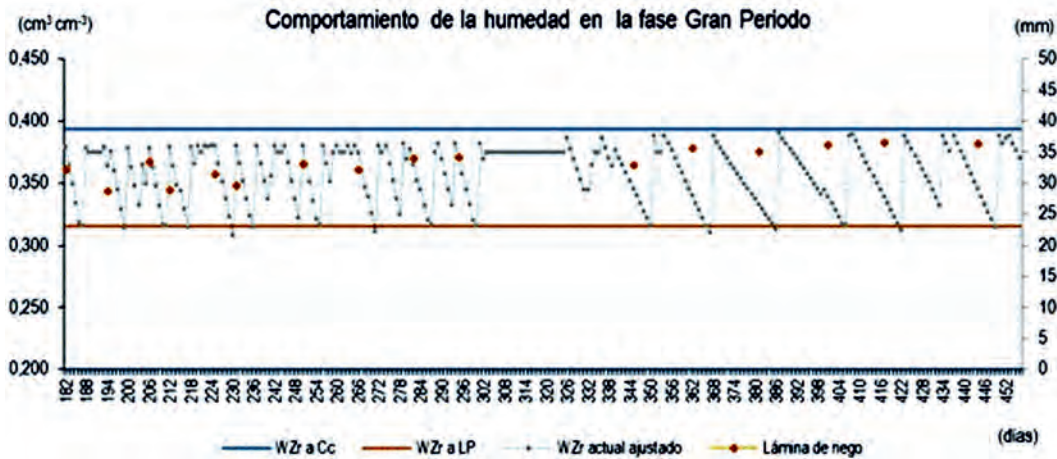


FIGURA 5. Comportamiento de la humedad y lámina de agua almacenada en la zona radical efectiva considerando el riego programado en la fase de gran periodo.

Aunque la diferencia entre el valor total de la norma entre ambos métodos de conducción del riego no es muy grande, si varía apreciablemente el momento de aplicación del riego, lo cual puede observarse en la Figura 6, que compara el comportamiento del riego con intervalos fijos y de acuerdo al pronóstico

para la etapa de ahijamiento. Donde se aprecia que hasta los 60 días se aplicaron cuatro riegos por encima del pronosticado y con normas superiores en toda la etapa, lo que conlleva a una gestión ineficiente del riego. Similar situación ocurre en la fase de gran periodo del cultivo de la caña de azúcar.

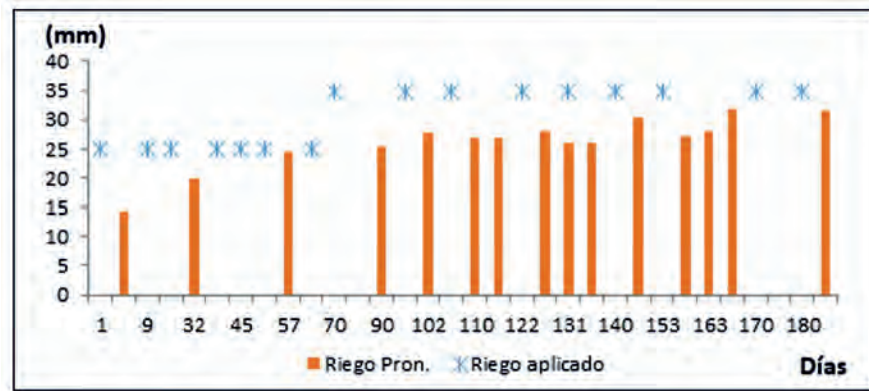


FIGURA 6. Comparación entre los intervalos y normas de riego aplicadas en el experimento y las propuestas por pronóstico en la etapa de ahijamiento.

En la Tabla 2 se resume una comparación entre el régimen de riego del experimento y el régimen calculado a través de la “hoja de pronóstico” propuesta por Cisneros *et al.* (2007b) y validada posteriormente por varios autores (Cisneros *et al.*, 2013; Maza, 2019; Matos, 2020).

Como se observa en la Tabla 2, el régimen de riego propuesto por el Servicio de Riego y Drenaje con intervalos y normas netas fijas, al final del ciclo se tienen una norma neta total de 560 mm, donde se sobre estima las necesidades de riego en la fase de ahijamiento en un 29,5% por encima de la requerida según la determinada con la “Hoja de pronóstico”.

Por otra parte, en la fase de gran periodo de crecimiento, donde el déficit de humedad decide la futura producción, al regar con un intervalo fijo se aplicó una cantidad de agua total un 27% inferior a la que debió recibir el cultivo cuando se controló según la demanda real del suelo utilizando la Hoja de pronóstico. El número de riegos aplicando la propuesta del Servicio de Riego y Drenaje fue de 27, mientras que al controlar la humedad del suelo (Hoja de pronóstico) el total de riegos fue de 33, con una norma neta total de 1000,3 mm, norma un 5% superior a la aplicada por Servicio de Riego y Drenaje.

Según la “*Hoja de pronóstico*” en la etapa de maduración, teniendo en cuenta el balance hídrico del suelo, es necesario aplicar dos riegos. Desde el punto de vista agronómico se prescinde de los mismos ya que en esta

etapa la finalidad es obtener jugos de alta pureza, un mayor rendimiento de azúcar y facilitar las labores de cosecha; lo que reduce la NTN a 924,4 mm, inferior a la de régimen de riego explotación.

TABLA 2. Comparación de los resultados de la programación del riego en las diferentes fases de desarrollo de la caña de azúcar

Fase Desarrollo	Régimen de Riego Explotación					Régimen de Riego Pronóstico			
	ETc	NNP	Ir	No. R	NTN	NNP	Ir	No. R	NTN
Ahijamiento (6 meses)	482,8	35	6-17	16	560	26,31	6-13	15	394,7
Gran Periodo (9 meses)	974,5	35	8-68	11	385	33,10	6-27	16	529,7
Maduración (2 meses)	130,4			0	0	37,95	11-18	2	75,9
Total	1583,6			27	945			33	1000,3

Leyenda:

NNP norma neta parcial promedio (mm). NTN norma total neta (mm). Ir intervalo de riego (días). No. R número de riegos

Fonseca y Lamelas (1981), realizaron varias experiencias sobre el control del riego mediante pronóstico utilizando el evaporímetro clase A y el coeficiente bioclimático del cultivo en bloques cañeros en La Habana (18 meses, variedad Ja 64-19), también en suelos Ferralíticos Rojos y aplicaron 19 riegos con normas parciales de hasta 350 m³ ha⁻¹ y norma total en el periodo de 5335 m³ ha⁻¹, muy similar a la obtenida en este trabajo según puede observarse en la tabla 1. Estos autores destacan que en intervalos de hasta 30 días el riego no logró cubrir las necesidades de agua de la planta, sin embargo, los rendimientos logrados fueron de 142,06 t ha⁻¹.

Pacheco *et al.* (1977, citado por Avalos y Pacheco (2012) en caña planta de 13 meses en suelos arcillosos pesados en el norte de la provincia de Villa Clara, con una norma de riego total aplicada de 5966 m³ ha⁻¹ obtuvieron rendimientos agrícolas de 116,64 t ha⁻¹, mientras que Ruiz *et al.* (1979) para Jovellanos aplicaron 22 riegos con una norma total de 7194 m³ ha⁻¹.

Alonso *et al.* (1982), en estudios realizados en la zona norte de Villa Clara, concluyeron que el número de riegos en año medio seco para obtener altos rendimientos con buenas condiciones agronómicas está entre 6 y 11 dependiendo de la cepa y fecha de siembra, recomendando normas totales que oscilan entre 4300 y 5900 m³ ha⁻¹, según la edad y tipo de cepa.

La aplicación del agua en la cantidad y momento oportuno es la garantía de la utilización óptima de un sistema de riego, sin embargo, la aplicación del riego mediante intervalos fijos, a pesar de ser la práctica más extendida en el país ha demostrado no ser la más adecuada en cuanto a conseguir precisamente la aplicación

oportuna del riego. La utilización del pronóstico de riego de manera masiva en varios cultivos durante la década del 80 al 90 y que fuera resumida por Roque *et al.* (1989), demostraron que era posible el ahorro de hasta un 27% del agua (similares a los encontrados en este trabajo para el periodo de ahijamiento) aplicada cuando se comparó con el método de conducción del riego mediante intervalos fijos en cultivos como cítricos, hortalizas, papa y caña de azúcar, mientras que en cultivos forrajeros indicó la necesidad de incrementar la cantidad total de agua aplicada en un 40%.

Varios autores han mostrado la excelente respuesta encontrada en diferentes cultivos cuando se ha aplicado el riego controlado mediante cualquier sistema que permita conducir un control de la humedad del suelo y regar cuando el mismo lo necesita. En trabajos recientes Cisneros *et al.* (2013) y Matos (2020), demostraron también los beneficios de la aplicación del riego en el momento oportuno y satisfaciendo las necesidades hídricas del cultivo y no regar con un intervalo fijo.

CONCLUSIONES

- La programación del riego a través de la “*Hoja de pronóstico*”, teniendo en cuenta la demanda evaporativa de la atmósfera, mostró que el régimen de riego propuesto por el Servicio de Riego y Drenaje sobre estima las necesidades de riego en la fase de ahijamiento en un 29,5%, mientras que en la fase de gran periodo donde se producen procesos fisiológicos que inciden en los rendimientos existe un déficit de 144,7 mm.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M.: “Evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. Food and Agricultural Organization (FAO)”, *Irrigation and Drainage Paper*, 56, 1998.
- ALONSO, N.; PACHECO, J.; GUTIÉRREZ, A.: “Recomendaciones sobre el régimen de riego de la caña de azúcar para la Costa Norte de Villa Clara”, En: *43 Congreso de la ATAC*, La Habana, Cuba, 1982.
- AVALOS, J.C.; PACHECO, S.J.: “Programación del riego de la caña de azúcar en la provincia de Villa Clara, Cuba”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(4): 61-66, 2012, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- AZCUBA: *Proyección de riego en tiempo real 2019 – 2030*, 2019.
- BAIGORRÍA, P.D.; GONZÁLEZ, H.Y.; PARDO, M.L.; DELGADO, P.J.; RODRÍGUEZ, G.J.: “Estudio del comportamiento de nuevos cultivares de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en condiciones de riego”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(1): 21-27, 2020, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- CID, L.G.; LÓPEZ, T.; GONZÁLEZ, F.; HERRERA, J.; RUIZ, P.M.E.: “Propiedades físicas de algunos suelos de Cuba y su uso en modelos de simulación”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(2): 42-46, 2011, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- CISNEROS, E.; GONZÁLEZ, P.; SOLANO, O.; PLACERES, Z.; LAMBERT, M.: “El servicio de asesoramiento al regante una alternativa para

González *et al.*: Comparación entre dos estrategias de riego en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

- mitigar los efectos negativos de la sequía”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(1): 37-40, 2007a, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- CISNEROS, E.; LÓPEZ, T.; GUERRERO, P.; BONET, C.: *Hoja de cálculo en EXCEL para la programación del riego titulada “Hoja de pronóstico”*, Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, La Habana, Cuba, 2007b.
- CISNEROS, Z.E.; PLACERES, M.Z.; JIMÉNEZ, E.E.: “Beneficios obtenidos con la implementación del Servicio de Asesoramiento al Regante (SAR) en diferentes zonas regables de la provincia Mayabeque, Cuba”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 3(2): 46-52, 2013, ISSN: 2227-8761.
- CUSCÓ, R.: “Estudio de 9 variedades en 3 localidades de la provincia Guantánamo, Cuba”, En: *Fórum provincial MINAZ*, Guantánamo, Cuba, p. 25, 1999.
- FAUCONNIER, T.; BASSEREAU, L.: *La Caña de Azúcar*, Ed. Científico Técnica. La, La Habana, Cuba, 302-321 p., 1980.
- FONSECA, J.R.: *Necesidades de agua de la caña de azúcar plantada en diferentes épocas de siembra en el occidente del país*, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana (ISCAH), Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, La Habana, Cuba, 1984.
- FONSECA, J.R.; LAMELAS, C.: *Riego controlado y su organización en la caña de azúcar. Emp. Cañera Rubén Martínez Villena*, Inst. Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD), La Habana, Cuba, 1981.
- GONZÁLEZ, L.; ANDERU, R.; MIRA, A.: *Informe. Potencial agroproductivo mínimo de los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en la UEB “comandante Manuel Fajardo” de la provincia de Mayabeque con el nivel de manejo agrotécnico actual. Primera Aproximación*, Inst. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba, 2012.
- HERNÁNDEZ, A.: “El servicio de variedades y semillas (SERVAS) en la evolución de composición de variedades de la caña de azúcar en la provincia de Holguín”, En: *Jornada científico – productivo 45 Aniversario del INICA*, Florida, Camagüey, Cuba, p. 150, 2009.
- HERNÁNDEZ, R.P.; ARANA, M.C.: *Necesidades de riego de la caña de azúcar en Cuba*, Ed. Editorial Academia, La Habana, Cuba, 2005.
- INICA: *Base de datos del Servicio de Riego y Drenaje del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar*, Inst. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba, 23 p., 2018.
- INSTITUTO DE SUELOS: *Clasificación genética de los suelos de Cuba*, Ed. Academia, La Habana, Cuba, 28 p., 1980.
- LÓPEZ, S.T.: *Caracterización del movimiento del agua en suelos irrigados del sur de La Habana: contribución metodológica al procedimiento actual para la determinación de los balances hídricos*, Instituto de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical (INIFAT), PhD. Thesis, La Habana, Cuba, 105 p., 2002.
- LÓPEZ, S.T.; RUIZ, M.; CID, L.G.; GONZÁLEZ, F.: “Caracterización del movimiento del agua en suelos irrigados del sur de la Habana: Contribución metodológica en la determinación de los balances hídricos”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias (Cuba)*, 12(2): 49-53, 2003, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- MATOS, C.H.: *Programación del riego en la papa (solanum tuberosum) para las condiciones edafoclimáticas del municipio Güira de Melena, provincia Artemisa*, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, CUJAE, Tesis maestría en Ciencias en Riego y Drenaje, La Habana, Cuba, 102 p., 2020.
- MAZA, D.Y.: *Influencia de la programación del riego en el uso eficiente del agua y los rendimientos de la papa (Solanum tuberosum)*, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, CUJAE, Tesis en opción al título de Ingeniero Hidráulico, La Habana, Cuba, 77 p., 2019.
- MINAZ: *Guía Técnica para el cultivo de la Caña de Azúcar*, MINAZ, 2006.
- RAMÍREZ, P.: *Comparación de las tecnologías tradicional y por rizomas para la plantación de la caña de azúcar y su influencia sobre algunos parámetros de crecimiento y rendimiento en el municipio de Bartolomé Masó Márquez. Granma*, Inst. Universidad de Granma, Bartolomé Masó Márquez. Granma, Cuba, 2009.
- REY, R.; HERRERA, J.; ROQUE, R.; LAMELA, C.: “El pronóstico del riego en Cuba”, *Ciencia y Técnica en la Agricultura, Riego y Drenaje*, 5(1): 47-60, 1982, ISSN: 0138-8487.
- ROQUE, R.; HERRERA, J.; ORTEGA, J.: “Algunos resultados de la aplicación del pronóstico de riego por el método bioclimático en el país”, *Ciencia y Técnica en la Agricultura, Riego y Drenaje*, 12(2), 1989, ISSN: 0138-8487.
- RUIZ, J.; GONZÁLEZ, R.; LLERENA, E.: “Cálculo de un régimen de riego óptimo para la caña de azúcar en la región de Jovellan”, En: *I Fórum Científico del Centro Universitario de Matanzas*, Matanzas, Cuba, 1979.
- SERFE: *Elementos básicos sobre suelos y uso de fertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar*, Inst. MINAZ, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Departamento de Suelos y Agroquímica, La Habana, Cuba, 2007.
- TARJUELO, J.M.: *El riego por aspersión y su tecnología*, Ed. Mundi-Prensa, Tercera ed., Madrid, España, 2005.

Felicita González Robaina, Inv. Titular Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: dp-toambiente4@iagric.cu

Enrique Cisneros Zayas, Inv. Titular Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: dptoriegol@iagric.cu
Victor M. Tejada Marrero, Inv., Director General del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: dirgeneral@boyeros.iagric.cu

Desiré Baigorria Padrón, Investigadora, Estación Territorial de Investigación de la Caña de Azúcar (ETICA), Quivicán, Mayabeque, Cuba, e-mail: desire.padron@inicamy.azcuba.cu

Julián Herrera Puebla, Inv. Titular Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: direccioninvestl@iagric.cu

Greco Cid Lazo, Inv. Titular Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: dptoambiente1@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.