

ARTÍCULO ORIGINAL



<http://opn.to/a/7cENm>

Estudio integral de la operación de los sistemas de riego del ingenio “La Ofelina”, Panamá

Integral study on the operation of the irrigation systems at the “La Ofelina” sugar mill, Panama

MSc. Víctor Manuel Tejeda-Marrero*

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

RESUMEN. Con el objetivo de incrementar los rendimientos en la caña de azúcar, la eficiencia de utilización del agua para riego, y la protección del medio ambiente, se desarrolló durante 14 meses (marzo 2009/abril 2010) en el ingenio la Ofelina, provincia Coclé, Panamá, un estudio integral sobre la operación de los sistemas de riego en las 7 800 ha que componen dicha empresa. En primer término se realizó una caracterización edafoclimática de los campos, luego se determinaron los requerimientos hídricos para distintas cepas, épocas de siembra y ciclos de cosecha de la caña de azúcar. De acuerdo a cada condición se propusieron las modificaciones a los sistemas de riego y drenaje. Los resultados obtenidos indicaron una demanda de riego entre 600 y 800 mm como promedio anual, con un intervalo entre riegos entre 7 y 9 días, dependiendo de la etapa de desarrollo del cultivo y el tipo de suelo. Sin embargo, con los equipos y sistemas de riego existentes solo se puede garantizar un intervalo entre 15 y 18 días lo que provoca una disminución en el rendimiento del cultivo del 3,5 %. Otros factores como la inestabilidad en la fuerza de trabajo, falta de disponibilidad de agua y rotura de los equipos de bombeo también influyen en la mala calidad del riego. Como resultado se propuso un cambio en el régimen de riego y la mejora de la infraestructura y la tecnología de riego utilizada en la empresa a través de soluciones prácticas.

Palabras clave: eficiencia, rendimientos, caña de azúcar, riego superficial.

ABSTRACT. With the objective of increasing the yields of the sugar cane, the efficiency of water use for irrigation, and the protection of the environment, during 14 months (March 2009/April 2010) in the sugar mill the Ofelina, province Coclé, Panama, was carried out an integral study on the operation of the irrigation systems in 7 800 ha of this company. In the first evaluation was carried out an edaphoclimatic characterization of the fields, and then were determined the water requirements for different stumps, planting periods and crop cycles of the sugar cane. According to each condition were determined the modifications to the irrigation and drainage systems. The obtained results indicated a water demand between 600 and 800 mm like annual average, with an interval among irrigations between 7 and 9 days, depending on the stage of development of the crop and the soil type. However, the existent machines and irrigation systems only can guarantee an interval between 15 and 18 days what causes a decrease in the yield of 3,5 %. Other factors like the uncertainty in the work force, lack of availability of water and the damages of the pumping machines also influence in the bad quality of the irrigation. As a result was proposed a change in the irrigation patterns and the improvement of the infrastructure and the irrigation technology used in the company through practical solutions.

Keywords: efficiencies, yields, sugar cane, surface irrigation

*Autor para correspondencia: Víctor Manuel Tejeda Marrero, e-mail: dirgeneral@boyeros.iagric.cu

Recibido: 18/07/2018.

Aceptado: 21/12/2018.

INTRODUCCIÓN

El riego desempeña un papel importante en la producción de alimentos, en las regiones áridas se hace imprescindible para garantizar rendimientos sustentables, mientras que, en las regiones húmedas garantiza un ciclo hídrico estable para obtener elevados rendimientos a bajo costo; no obstante, para lograr su sostenibilidad en el largo plazo, el manejo del agua debe hacerse con sumo cuidado, teniendo siempre en cuenta no solo las características edafoclimáticas de la región sino también, las particularidades culturales de la población que va a ser beneficiada por el proyecto (Pérez *et al.*, 2009).

Los modernos conceptos acerca de la agricultura sostenible y de la necesidad de proteger el medio ambiente y los recursos naturales han situado a la orden del día el problema de la preservación de los recursos hídricos y los suelos en los territorios irrigados. De ahí la necesidad de lograr la máxima eficiencia en el aprovechamiento del agua en la agricultura, para lo cual deben perfeccionarse de continuo los sistemas de riego e introducirse tecnologías de avanzada que garanticen un manejo racional del agua disponible (Tarjuelo *et al.*, 2010).

Se conoce que la eficiencia promedio del riego superficial en el mundo se encuentra entre el 25 y 60 % Bos (1979); Bos y Nugteren (1990); Bos y Wolters (1990), lo cual conlleva a que grandes volúmenes de agua se infiltran y provocan empantanamiento, salinización e incremento en los niveles de las aguas freáticas.

Por otra parte, si el riego no se aplica oportunamente y en la dosis requerida, pueden existir momentos en que no se satisfacen óptimamente los requerimientos hídricos del cultivo o se produce sobre riego; ocurriendo en ambos casos afectaciones en los rendimientos (González *et al.*, 2011, 2012, 2014). Para resolver esto debe disponerse de una adecuada planificación de riego; que tenga en cuenta las normas a aplicar, los plazos y el número de riegos durante el período vegetativo del cultivo. Este régimen de riego de proyecto deberá ser corregido durante la operación diaria de los sistemas, a fin de tomar en cuenta los cambios que tienen lugar en el almacenamiento de la humedad en el suelo a causa de las lluvias y otros fenómenos no previsibles.

La elección de los métodos y técnicas de riego a utilizar constituye otro aspecto del problema a resolver para una adecuada ordenación de los recursos hídricos a escala territorial. Cada método de riego posee ventajas y desventajas intrínsecas, y cada uno de ellos se adapta a un determinado escenario; donde intervienen factores naturales como los suelos, la topografía y el agua disponible; económicos (recursos financieros y materiales disponibles); humanos (disponibilidad y grado de capacitación de la mano de obra); ambientales; sociales y otros (Savva y Frenken, 2002).

Teniendo en cuenta lo anterior y con la necesidad de incrementar la producción de caña de azúcar y la eficiencia del uso del agua y la protección del medio ambiente para lograr una agricultura cañera sostenible se realizó el presente estudio integral sobre la operación de los sistemas de riego en el Ingenio la Ofelina, en Panamá.

MÉTODOS

Localización y características del área de estudio

El Ingenio Ofelina, pertenece a la Compañía Azucarera La Estrella, S.A., se encuentra ubicado en los 8°54' de latitud Norte y 80° 02' longitud Oeste y a 12 msnm, a 190 km de la ciudad de Panamá, en los corregimientos de Capellanía, Natá, Churubé y el Caño, distrito de Natá, provincia Coclé, República de Panamá.

El clima es tropical, con períodos secos de diciembre a abril y lluviosos de mayo a noviembre, la lluvia anual promedio en los últimos 25 años ha sido de 1325,20 mm, y las temperaturas medias de 27,72 °C.

El área sembrada de caña de azúcar es de aproximadamente de 7800 ha, distribuidas en suelos de tipo Aluviales, Marginales y Residuales, con promedios de producción, según el tipo de suelo de 83,30; 78,10 y 67,73 t de caña/ha, respectivamente.

Fuente de datos

Para el estudio se tuvo en cuenta la información de los elementos del clima, temperatura máxima, temperatura mínima, velocidad del viento, evaporación, humedad relativa, obtenidos en la estación meteorológica cercana, mientras que la lluvia se obtuvo a partir de los registros mensuales de un total de 11 años de 17 pluviómetros ubicados en la zona del proyecto.

La información de suelo se obtuvo de las bases de datos existente en el departamento de agrimensura de la empresa y reportadas por Tejeda *et al.* (2008).

La información del cultivo, fue tomada de los datos existentes sobre fecha de cosecha, variedad, campo, finca y área en la administración de la Empresa.

Calculo de los requerimientos hídricos de la caña de azúcar

Para determinar los requerimientos hídricos del cultivo y proyectar el régimen de riego de explotación se utilizó el programa CROPWAT 8.0 FAO (2006), calculando la Evapotranspiración por el método de Penman – Monteith (Allen, 2006). Los resultados generados fueron extrapolados espacialmente mediante el SIG, asociándolos a los diferentes bloques.

La colección, análisis y procesamiento de la información se siguió el procedimiento propuesto por Tejeda *et al.* (2008), para el análisis y diagnóstico de sistemas de riego tal y como se muestra en la Figura 1.

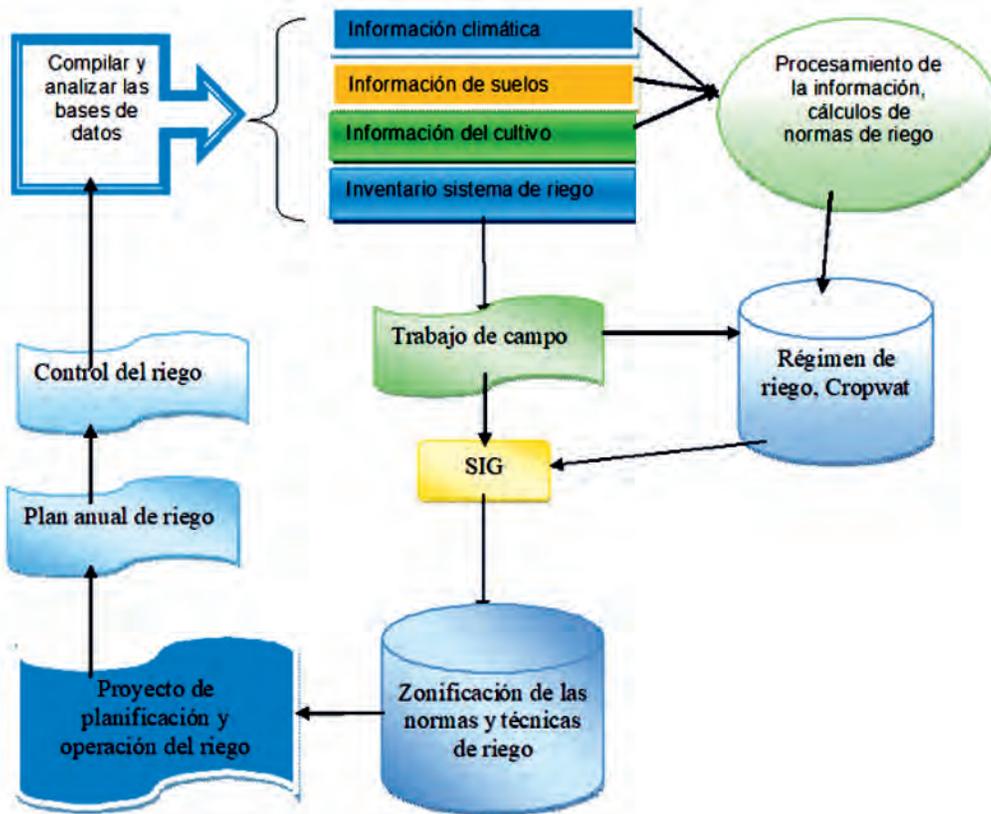


FIGURA 1. Esquema de operaciones para el análisis y diagnóstico de sistemas de riego.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Zonificación de los pluviómetros

Para calcular el área de influencia del pluviómetro se asumió que cada parcela se comportaba igual al pluviómetro más cercano y para delimitarla se utilizó la técnica Voroni disponible en el SIG Mapinfo Profesional v 8.0 del 2005.

En la Figura 2 se muestra la ubicación de los puntos en el área de influencia de cada pluviómetro.

Las Tablas 1 y 2 muestran los parámetros del clima evaluados a escala anual según los datos obtenidos de la estación meteorológica, en las mismas se muestran los valores medios, la desviación estándar (ds), el coeficiente de variación (CV) en porcentaje y los valores más probables, mínimos y máximos (q_1 ; q_3) de cada parámetro..

Según indican las Tablas 1 y 2, el clima del área se caracteriza, por una temperatura tanto máxima como mínima muy estable (sin apenas variación, (2,3 – 2,7%) con una diferencia entre el día y la noche de unos 10,5 grados Celsius, la humedad relativa y el brillo solar son también bastante estables y las variaciones un poco mayores se observan en la evaporación, la lluvia y la velocidad del viento.

De acuerdo con la clasificación de Köppen según Kottek *et al.* (2006), es un clima de sabana tropical, con una estación seca en el invierno y un verano caluroso (Awa) Como características más importantes se observa que como promedio la evaporación supera la precipitación ($P/ETP = 0,77$) y de acuerdo con la clasificación de Thornthwaite (1948), se clasifica como seco-sub húmedo a semiárido, con un exceso de agua invernal grande y un régimen de temperatura meso térmico (Es_2b_4)

TABLA 1. Indicadores del clima, evaluados en la estación meteorológica

Indicador	Media	DS	CV %	Probable	
				Mínimo	Máximo
Lluvia	1326,82	318,36	24,00%	1062,83	1506,89
Evaporación	1744,42	288,88	16,60%	1572,52	1944,85
Velocidad V	7,32	1,95	25,60%	6,04	8,38
Humedad R	82,63	7,68	10,00%	82,06	86,36
Brillo Sol	196,48	23,00	12,30%	183,15	209,73
T Mínima	23,00	0,61	2,70%	22,66	23,34
T Máxima	33,35	0,77	2,30%	32,85	33,87

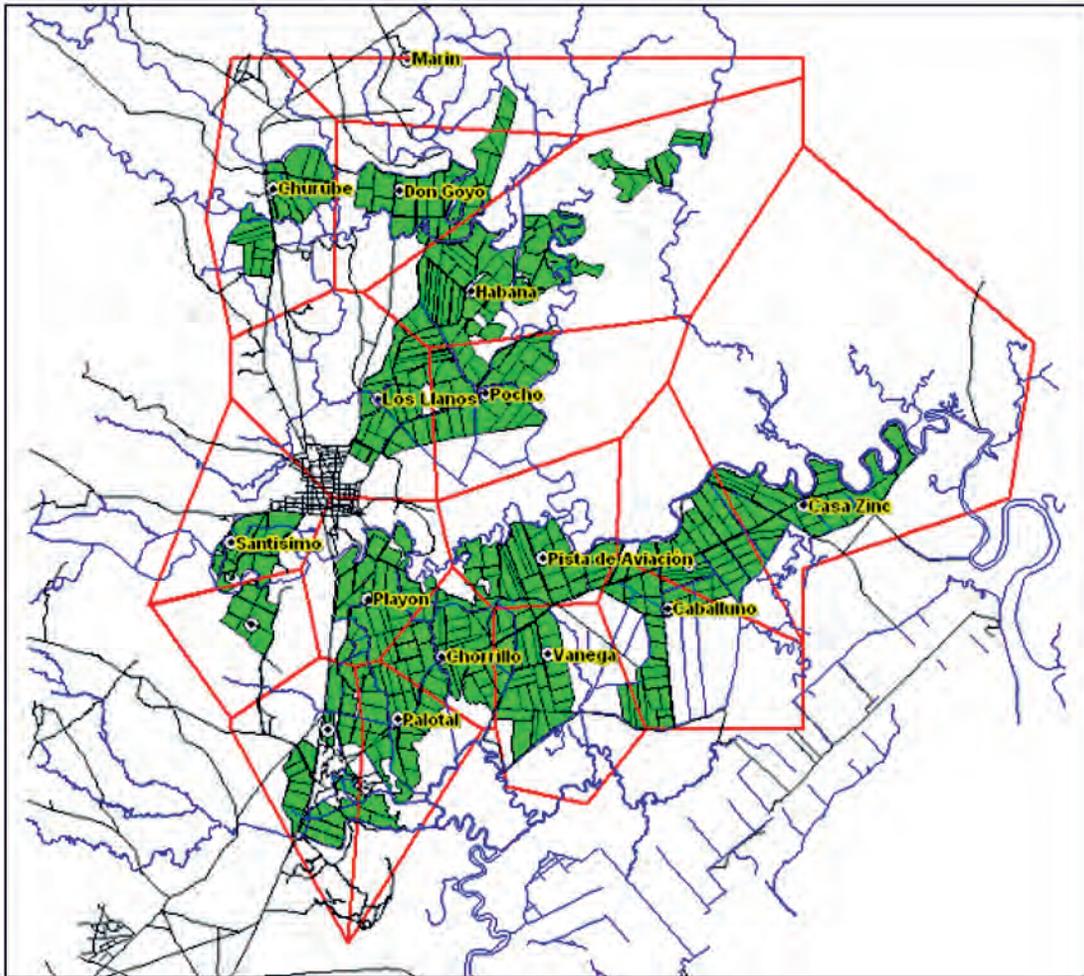


FIGURA 2. Distribución espacial de los pluviómetros y área de influencia estimada.

TABLA 2. Características climáticas de la zona en estudio

	Lluvia												Total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Lluvia (mm)	6,17	1,23	7,70	19	156	163	114	125	207	255	201	67,7	1326
Evaporación (mm)	205	247	288	256	139	83,6	92,9	93,9	66,8	66,6	72,0	132	1744
H. Relativa (%)	73,5	68,5	68,2	73,0	84,2	88,5	88,3	89,5	91,3	91,5	90,0	84,3	82,63
V. Viento (km/h)	9,79	13,8	14,9	13	7,28	4,47	4,32	3,99	3,41	3,47	3,36	6,04	7,32
B. Solar (H)	287	274	292	244	176	129	138	148	136	153	159	217	196,5
Temp. Máx. (C°)	32,8	33,4	34,1	35	34,0	33,2	33,0	33,4	33,3	32,8	32,8	32,6	33,35
Temp. Mini (C°)	22,1	22,9	23,3	24	23,9	23,4	23,0	23,1	22,9	22,8	22,5	22,0	23,00

Según los resultados de la Tabla 2, se aprecian dos periodos bien definidos; el seco que abarca de diciembre a abril caracterizado por una baja precipitación, una alta evaporación, mayor brillo solar y velocidad del viento y el húmedo diametralmente opuesto,

Cuando se analizan la lluvia del resto de los pluviómetros (Figura 3) para el año medio húmedo (q_1) y medio seco

(q_2) (lluvia máxima y mínima probable), se aprecia que en el área de influencia del ingenio la precipitación es menor y se caracteriza por un promedio de lluvia anual de solo 1031,20 mm, con un rango que va desde los 784,10 a los 1322,00 mm, lo que hace en buena medida dependiente del riego el nivel de producción de la zona.

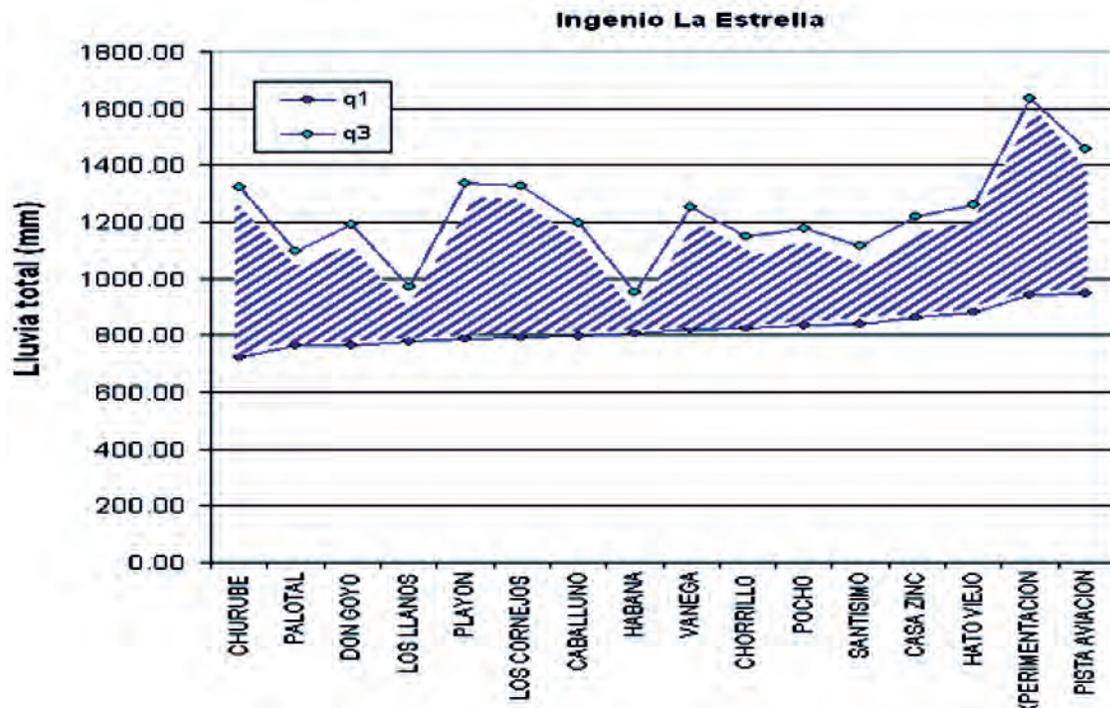


FIGURA 4. Distribución de la lluvia por pluviómetro para el año medio seco (q_1) y medio húmedo (q_3) en la zona de abasto del ingenio La Ofelina.

Es de destacar que con una probabilidad de entre el 55 y el 66% pueden esperarse lluvias menores a los 1000 en todas las zonas lo que justifica el uso imprescindible del regadío.

La Figura 5, muestra el climograma de un año medio; a partir del mismo se puede estimar tanto las fechas como la duración de la época de lluvia.

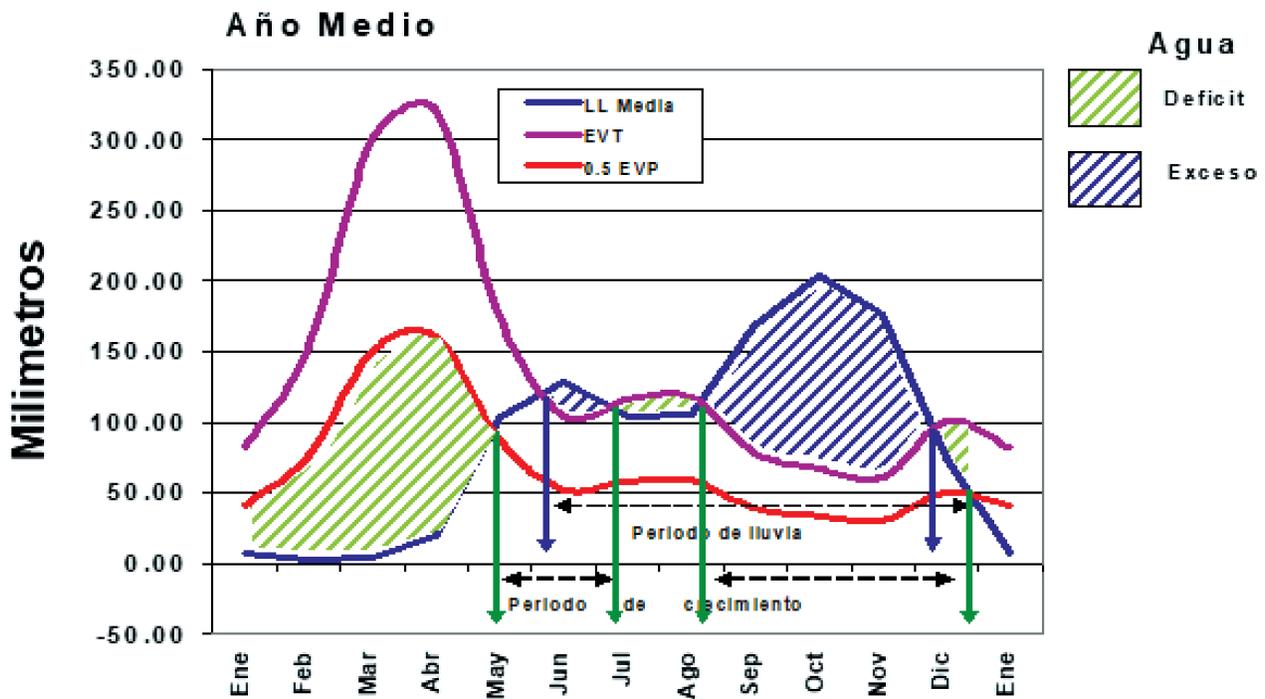


FIGURA 5. Climograma para un año medio. Ingenio La Ofelina.

Según se observa en la figura 5, el periodo de lluvia puede comenzar entre el 10 de mayo y el 12 de junio y se extiende hasta el 27 de noviembre – 15 de diciembre con una duración variable

que entre 165 y 215 días, según datos obtenidos del Ingenio Ofelina (Grupo Calesa, información personal), los déficit de agua que son necesarios cubrir con el riego en el cultivo caña

de azúcar para su óptimo crecimiento en la zona, oscilan entre 1500 y 1700 mm/año, de los cuales entre 500 y 650 deben ser aportados por el riego. La distribución de la lluvia en la figura 4 muestra que existen dos periodos importantes para el riego, uno desde diciembre hasta mayo que es el más importante, y donde se debe aplicar el 80 % de los riego y otro menos significativo, entre julio y agosto. El primer periodo señalado tiene varias particularidades, las cuales son referidas a continuación:

Coincide con la cosecha que es la actividad que más tiempo y recursos humanos demanda.

El cultivo tiene diferentes edades, las áreas cosechadas tienen poca edad y necesitan de buen manejo de agua para su rápido crecimiento, las no cosechadas necesitan que se le mantenga niveles de humedad para mantener su vitalidad.

Coincide con los picos de las demás actividades, fertilización, cultivo, control de maleza, que compiten por la fuerza de trabajo.

La Tabla 3 muestra las normas de riego netas y brutas necesarias para cada área (estación de bombeo) según las características del suelo de cada sitio.

TABLA 3. Cálculo del régimen de riego de proyecto para las condiciones de CALESA, teniendo en cuenta los datos de clima, suelo, cultivo y sistema de riego existente

Estación de bombeo	Área (ha)	Capacidad de campo (% suelo seco)	Punto de marchitez (% suelo seco)	Densidad aparente g/cm ³	Norma de riego neta m ³ /ha	Norma de riego bruta, (Ef 35%) m ³ /ha
Gravedad	703,90	29,20	14,10	1,37	414,0	1183,0
Las Pastillas	68,00	28,60	13,80	1,38	408,5	1167,1
El Limón	65,90	27,00	13,00	1,40	392,0	1120,0
Cornejo	85,70	27,00	13,00	1,40	392,0	1120,0
Santísimo	134,80	29,00	14,00	1,38	412,5	1178,6
Playón	197,00	29,00	14,00	1,38	412,5	1178,6
Memo wong	111,90	29,70	14,30	1,37	419,1	1197,5
Chuito Urriola	51,40	27,00	13,00	1,40	392,0	1120,0
Esfuerzo	476,90	29,50	14,20	1,37	417,1	1191,7
Naranjal	606,50	27,00	13,00	1,40	392,0	1120,0
Casa Zinc	210,80	29,70	14,30	1,37	419,1	1197,5
Los Llanos	182,10	32,70	15,90	1,33	447,9	1279,8
Pocho	255,40	30,40	14,70	1,36	426,5	1218,7
Ciénaga Larga	54,40	35,00	17,00	1,30	468,0	1337,1
Habana	416,10	29,70	14,30	1,37	419,1	1197,5
Don Goyo	199,00	28,30	13,70	1,38	405,8	1159,4
Churubé	129,50	29,70	14,30	1,37	419,1	1197,5
Nvo. Churubé	83,00	27,00	13,00	1,40	392,0	1120,0
Velarde	103,90	27,00	13,00	1,40	392,0	1120,0
Conte	132,30	27,00	13,00	1,40	392,0	1120,0
Conte 2	78,90	27,00	13,00	1,40	392,00	1120,00
Área Total (ha)	4347,4					
	Promedio	28,9	13,9	1,4	410,7	1173,5
	Dest +/-	2,1	1,0	0,0	20,1	57,5
	Cv %	7,2	7,4	1,8	4,9	4,9

La variación en la capacidad de campo, y densidad aparente, siguen los patrones normales reportados para estas propiedades por Hillel (1980), lo cual incide en la baja variación entre sitios para las normas de riego brutas que fluctúan entre 1116 y 1231 m³·ha⁻¹.

La Tabla 4 muestra algunos de los parámetros agronómicos del riego calculados utilizando el programa CropWat 8.0 (FAO, 2006). En la misma puede notarse que estos parámetros no varían entre los diferentes sitios, lo que demuestra la uniformidad climática y de suelo (desde el punto de vista de funcionamiento hídrico) de los mismos. La variación entre los hidromódulos de riego varía en función de las diferencias de área entre los sitios.

TABLA 4. Parámetros agronómicos del riego

Estación de bombeo	ETR m ³ /día	Intervalo de riego cultivo	Intervalo de riego práctico	Tiempo de riego diario	Hidromódulo L/s	Eficiencia en conducción
Gravedad	50,0	8	18	12	1070,8	0,80
Las Pastillas	50,0	8	18	12	102,1	0,90
El Limón	50,0	8	18	12	94,9	0,85
Cornejo	50,0	8	18	12	123,4	0,80
Santísimo	50,0	8	18	12	204,3	0,85
Playón	50,0	8	18	12	298,6	0,85
Memo wong	50,0	8	18	12	172,3	0,85
Chuito Urriola	50,0	8	18	12	74,1	0,85
Esfuerzo	50,0	8	18	12	730,8	0,76
Naranjal	50,0	8	18	12	873,5	0,75
Casa Zinc	50,0	8	18	12	324,7	0,75
Los Llanos	50,0	9	18	12	299,8	0,80
Pocho	50,0	9	18	12	400,3	0,75
Ciénaga Larga	50,0	9	18	12	93,5	0,66
Habana	50,0	8	18	12	640,8	0,75
Don Goyo	50,0	8	18	12	296,6	0,75
Churubé	50,0	8	18	12	199,5	0,80
Nvo, Churubé	50,0	8	18	12	119,5	0,85
Velarde	50,0	8	18	12	149,7	0,75
Conte	50,0	8	18	12	190,5	0,75
Conte 2	50,0	8	18	12	113,6	0,75
Total	50,0	8,1	18,0	12,0	6573,3	0,8

La Tabla 5 muestra los caudales posibles a bombear y los caudales demandados para cubrir las necesidades de riego acorde al área y la demanda del cultivo en cada sitio. Es importante destacar que considerando un tiempo de trabajo diario de 12 horas efectivas, los equipos de bombeo y el sistema no son capaces de garantizar el agua que se necesita,

quedando un déficit de 1188,5 L/s que serían 612,0 hectáreas sin garantía de agua para el riego. Sin embargo, si se incrementa el tiempo de riego a 20 horas diario, solo quedaría por debajo del gasto necesario la acequia de gravedad con 348 L/s de déficit y la estación de playón con 25 L/s, que significa solo 192,2 ha sin garantía de agua.

TABLA 5. Caudal real y necesario en las estaciones de bombeo de los sitios estudiados

Estación de bombeo	Eficiencia en conducción	Caudal necesario L/s	Caudal medido en Estación de Bombeo L/s	Caudal nominal L/s	Diferencia con el caudal medido L/s	Diferencia con el caudal nominal L/s
Gravedad	0,80	1338,5	455,0	600,0	-883,5	-738,5
Las Pastillas	0,90	113,4	200,0	315,0	86,6	201,6
El Limón	0,85	111,7	199,2	315,0	87,5	203,3
Cornejo	0,80	154,2	141,0	189,0	-13,2	34,8
Santísimo	0,85	240,4	189,0	315,0	-51,4	74,6
Playón	0,85	351,3	185,0	378,0	-166,3	26,7
Memo wong	0,85	202,7	218,9	189,0	16,2	-13,7
Chuito Urriola	0,85	87,1	162,0	189,0	74,9	101,9

Estación de bombeo	Eficiencia en conducción	Caudal necesario L/s	Caudal medido en Estación de Bombeo L/s	Caudal nominal L/s	Diferencia con el caudal medido L/s	Diferencia con el caudal nominal L/s
Esfuerzo	0,76	961,6	885,6	1386,0	-76,0	424,4
Naranjal	0,75	1164,7	865,5	1795,5	-299,2	630,8
Casa Zinc	0,75	432,9	316,3	315,0	-116,6	-117,9
Los Llanos	0,80	374,7	257,8	315,0	-116,9	-59,7
Pocho	0,75	533,7	658,9	630,0	125,2	96,3
Ciénaga Larga	0,66	141,7	201,0	189,0	59,3	47,3
Habana	0,75	854,4	584,0	1260,0	-270,4	405,6
Don Goyo	0,75	395,5	680,0	630,0	284,5	234,5
Churubé	0,80	249,4	290,6	315,0	41,2	65,6
Nvo, Churubé	0,85	140,6	155,5	189,0	14,9	48,4
Velarde	0,75	199,5	200,0	200,0	0,5	0,5
Conte	0,75	254,0	324,8	441,0	70,8	187,0
Conte 2	0,75	151,5	95,0	630,0	-56,6	478,5
Total	0,8	8453,6	7265,1	10785,5	-1188,5	2331,9

Según Doorembos y Kassan (1986) para la obtención de máximos rendimientos en el cultivo de la caña de azúcar es importante que el cultivo disponga de humedad adecuada durante todo el periodo de crecimiento debido a que el crecimiento vegetativo es directamente proporcional al agua transpirada. Estos mismos autores señalan que dependiendo del clima, los requerimientos de agua (ETc) de la caña de azúcar varían entre 1500 a 2500 mm distribuidos en todo el periodo vegetativo. Los resultados de este estudio mostraron un requerimiento de agua entre 1500 a 1700 mm similares a los planteados por Doorembos y Kassan (1986), de los cuales entre 500 y 650 mm deben ser aportados por el riego.

CONCLUSIONES

- La distribución de la lluvia, el comportamiento de los demás elementos del clima y su interrelación con el cultivo, muestran que existen dos periodos importantes para el riego uno desde diciembre hasta mayo que es el más importante, donde se deben aplicar el 80 % de los riego.
- El método de riego superficial utilizado alcanza una muy baja eficiencia y no permite, bajo estas condiciones de explotación satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de la caña de azúcar, lo que origina gastos de agua y energía, incremento de los costos de producción y bajos rendimiento agrícola.
- En atención a lo anterior se planteó el realizar una distribución racional del agua en función de un balance adecuado entre la demanda y distintos niveles posibles de oferta, y que considere las características de los sistemas de riego.
- Por otra parte, resulta imprescindible la modernización de los métodos de riego que actualmente se emplean en esta zona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.: *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, Ed. Food & Agriculture Org., Estudio FAO Riego y Drenaje ed., vol. 56, Rome, Italy, 299 p., 2006, ISBN: 92-5-304219-2.
- BOS, M.; WOLTERS, W.: "Water charges and irrigation efficiencies", *Irrigation and Drainage Systems*, 4(3): 267-278, 1990, ISSN: 0168-6291.
- BOS, M.G.: "Standards for irrigation efficiencies of ICID", *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 105(1): 37-43, 1979.
- BOS, M.G.; NUGTEREN, J.: *On irrigation efficiencies*, Ed. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI, Publication 19. Fourth Edition ed., Wageningen, The Netherlands, 1990, ISBN: 90-70260-87-5.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.: "Yield response to water. Irrigation and Drainage Paper 33. FAO, Rome.", *Yield response to water. Irrigation and Drainage Paper 33. FAO, Rome.*, (33): 193, 1986.
- FAO: *Software Cropwat Versión 8.0*, Ed. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma. Italy, 2006.
- GONZÁLEZ, R.F.; HERRERA, J.; LÓPEZ, T.; CID, G.: "Productividad agronómica del agua", *Revista Ingeniería Agrícola*, 1(2): 40-44, 2011, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.

REVISTA INGENIERÍA AGRÍCOLA, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, Vol. 9, No. 1 (enero-febrero-marzo, pp. 14-22), 2019

GONZÁLEZ, R.F.; HERRERA, P.J.; BARRETO, H.O.; LÓPEZ, S.T.; CID, L.G.: “Base de datos sobre necesidades hídricas”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(2): 42-47, 2012, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.

GONZÁLEZ, R.F.; HERRERA, P.J.; LÓPEZ, S.T.; CID, L.G.: “Productividad del agua en algunos cultivos agrícolas en Cuba”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4): 21-27, 2014, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.

HILLEL, D.: *Applications of Soil Physics*, Ed. Academic Press, INC. 111 ed., Fifth Avenue New York, New York 10003, 1980, ISBN: 0-12-348580-0.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F.: “World map of the Köppen-Geiger climate classification updated”, *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3): 259-263, 2006, ISSN: 0941-2948, DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.

PÉREZ, U.L.; CAMACHO, E.; RODRÍGUEZ, J.A.; LÓPEZ, R.: *Gestión Sostenible del Agua de Riego*, Ed. Analistas Económicos de Andalucía, Málaga, España, 2009, ISBN: 978-84-92443-04-8.

SAVVA, A.P.; FRENKEN, K.: *Irrigation manual: planning, development monitoring and evaluation of irrigated agriculture with farmer participation*, Ed. FAO SAFR, SAFR/AGLW/DOC/006 ed., Rome, Italy, 2002, ISBN: 0-7974-2316-8.

TARJUELO, J.M.; DE-JUAN, J.A.; MORENO, M.A.; ORTEGA, J.F.: “Review. Water resources deficit and water engineering”, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8: 102-121, 2010, ISSN: 1695-971-X, e-ISSN: 2171-9292.

TEJEDA, M.V.M.; CAMARENA, A.; VIDAL, L.; MENÉNDEZ, A.; FERNÁNDEZ, R.: *Planificación y operación de los sistemas de riego de las tierras dedicadas al INICA-MINAZ-Cuba*, Inst. INICA, MINAZ, Informe I Etapa, La Habana, Cuba, 23 p., 2008.

THORNTHWAITE, C.W.: “An approach toward a rational classification of climate”, *Geographical review*, 38(1): 55-94, 1948, ISSN: 0016-7428.

Victor Manuel Tejeda Marrero, Investigador, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana. Cuba, e-mail: dirgeneral@boyeros.iagric.cu

El autor de este trabajo declara no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 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.



Programa de Asociación de País Fortalecimiento de Capacidades para la Coordinación de Información y los sistemas de Monitoreo/ MST en Áreas con problemas de manejo de los Recursos Hídricos



El “Programa de asociación de País” (CPP OP-15) en “Apoyo a la implementación del Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía de la República de Cuba”, recoge los fundamentos que propician el Manejo Sostenible de Tierras (MST). Para ello, propone fortalecer la coordinación entre las entidades nacionales, ofrece las alternativas para prevenir la degradación de tierras, así como recuperar y rehabilitar las funciones, resiliencia y productividad de los ecosistemas e incrementar la seguridad alimentaria.

Sus acciones se centran en la eliminación de las barreras que se oponen al logro del MST, mediante la aplicación de modelos que mejoren la integración entre los actores a todos los niveles, mediante acciones en el terreno, en el contexto de las políticas, el planeamiento, las regulaciones y en la toma de conciencia ciudadana en el manejo de los recursos naturales sobre bases científicamente argumentadas. En particular, el Proyecto 2 tiene como objetivo fortalecer la coordinación de la información y los sistemas de Monitoreo en la gestión de los recursos hídricos en función del MST”.