

16

Recibido: mayo, 2022 Aprobado: julio, 2022 Publicado: agosto, 2022

NECESIDADES HÍDRICAS DEL MAÍZ (*ZEА MAYS L.*) EN LA CPA “MÁRTIRES DE BARBADOS”

WATER NEEDS OF MAIZE (*ZEА MAYS L.*) IN THE CPA “MÁRTIRES DE BARBADOS”

Lissett Ponce Rancel¹

E-mail: lponce@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0889-7492>

Reinaldo Pérez Armas¹

E-mail: rpereza@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6377-8993>

José Carlos Sardiñas Montalvo²

E-mail: Jose.sardinas63@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1554-492X>

¹Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” Cuba

²Delegación Municipal de la Agricultura Cienfuegos, Buenavista, Cienfuegos. Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Ponce Rancel, L., Pérez Armas, R., Sardiñas Montalvo, J. C. (2022). Necesidades hídricas del maíz (*Zea mays L.*) en la CPA “Mártires de Barbados”. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 123-130. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Con el objetivo de determinar las necesidades hídricas del cultivo del maíz establecido en la CPA “Mártires de Barbados”, partiendo del cálculo de la evapotranspiración de referencia, se desarrolló el presente trabajo en el periodo comprendido de septiembre del 2020 a septiembre del 2021. Se desarrolló una investigación no experimental de tipo explicativa para lo cual se realizó observaciones y análisis de documentos. Se recopiló la información del comportamiento de las principales variables meteorológicas con las que se determinó la evapotranspiración de referencia, la del cultivo y el régimen de riego de proyecto con el empleo del Software CROPWAT. Fue corregido el régimen de riego y se propuso el de explotación. Como resultados principales se obtiene que las necesidades hídricas reales del cultivo del maíz no se conocen por lo que el riego se maneja de manera empírica desaprovechando una parte de las lluvias caídas, se aplica más agua de la que el cultivo requiere y es mayor el número de riegos aplicados.

Palabras clave:

CROPWAT, Evapotranspiración, necesidades hídricas, pivote central, Régimen de riego.

ABSTRACT

With the objective of determining the water needs of the maize crop established in the CPA “Mártires de Barbados”, based on the calculation of the reference evapotranspiration, the present work was developed in the period from September 2020 to September 2021. developed a non-experimental investigation of an explanatory type for which observations and analysis of documents were carried out. Information was collected on the behavior of the main meteorological variables with which the reference evapotranspiration, that of the crop and the project irrigation regime were determined with the use of the CROPWAT Software. The irrigation regime was corrected and the exploitation regime was proposed. As main results, it is obtained that the real water needs of the corn crop are not known, so the irrigation is managed empirically, wasting a part of the rains that fell, more water is applied than the crop requires and the number is greater. of applied risks.

Key words:

CROPWAT, Evapotranspiration, water needs, central pivot, Irrigation regime.

INTRODUCCION

El cambio climático está ocasionando una serie de cambios a nivel global, regional y local lo que tendrá impactos importantes en la agricultura, que es uno de los sectores más sensibles a las condiciones del clima (Viguera et al., 2017), especialmente a pequeña escala en zonas vulnerables de producción agrícola, requiriendo de acciones que puedan hacer de la agricultura una actividad más sostenible con el ambiente.

El crecimiento constante de la población, la obligación de satisfacer sus necesidades, unido a una desproporcionada mentalidad de crecimiento económico sin fundamentos de sostenibilidad, pone en una posición yuxtapuesta, la problemática del agua y el Cambio Climático (Castro, 2021)

La disminución de los recursos hídricos disponibles causa problemas críticos de escasez de agua. En consecuencia, ganan importancia los estudios para hacer estimaciones precisas del consumo de agua del cultivo (Amiri et al., 2012; Bozkurt-Colak, 2019; Opoku et al., 2019)

La agricultura es el mayor consumidor de agua a nivel mundial, pues a este sector se destina anualmente el 70 % del agua total utilizada en el planeta. Son dos los factores fundamentales que influyen en este alto consumo de agua: la gran demanda de agua por unidad de producción que tienen los productos agrícolas y las eficiencias globales de riego que en general es baja.

En este contexto, es cada vez más importante dirigir los esfuerzos para suministrar al cultivo las cantidades de agua que realmente demanda y que no han sido cubiertas con las precipitaciones.

En el 60 Encuentro del Consejo Ejecutivo de la Comisión Internacional de Riego y Drenaje y la 5^{ta} Conferencia Regional Asiática, este fue un aspecto analizado y se constató un aumento significativo de la eficiencia del riego (hasta en un 20 %) solo con mejoras en la operación de los sistemas y el manejo del riego (Madramootoo y Helen Fyles, 2010; Mukesh y Kapadia, 2010).

En los próximos años, se prevé que se produzca una revolución en la agricultura de regadío a nivel mundial, incrementándose la superficie beneficiada, realizándose nuevas infraestructuras, instalándose nuevos sistemas que conlleven el aumento de la eficiencia del riego y en muchas zonas regables se producirá un cambio del tipo de cultivo. De cara a afrontar los retos que conlleva esta revolución, hay que tener en cuenta los principales impactos negativos sobre el medio ambiente que tiene actualmente la agricultura de regadío (contaminación de las masas de agua, sobreexplotación de acuíferos, salinización de las tierras de cultivo, etc.), a lo que hay que añadir los efectos del cambio climático, que provocará que los periodos de sequía se intensifiquen y la disponibilidad de agua para agricultura será menor.

En Cuba, la agricultura es también el principal consumidor de agua dulce disponible. El Anuario Estadístico de Cuba 2017 refiere que, en ese año, se extrajo un volumen

total de agua dulce de 6 661 millones de metros cúbicos y que, de estos, se consumieron en la agricultura 3 420 millones, lo que representa el 51,3% del total. En cuanto al agua dulce superficial, de un total de 3 877 millones de metros cúbicos, se emplearon en la agricultura 2 031 millones, lo cual representa un 52,4%, valor similar al consumo de agua dulce subterránea que alcanzó casi el 50% del agua dulce total (ONEI, 2018). La agricultura como principal consumidor de agua dulce, trabaja en la disminución el consumo de agua y una de las vías fundamentales para lograrlo es el aumento de la eficiencia en el uso del agua de riego y en el incremento de la productividad del agua.

El volumen de agua demandado por tonelada de producto agrícola, así como, la eficiencia en el uso de esta durante el riego, son los principales factores que condicionan su consumo. La gestión del riego determina cuándo y cuánto regar, sobre la base de las necesidades de agua de los cultivos, las características del suelo y las condiciones climáticas (Vázquez et al., 2017).

En la provincia de Cienfuegos en general y en la CPA "Mártires de Barbados" en particular, la no utilización de una programación del riego ajustada a las exigencias de cada cultivo a partir de la influencia del clima, del suelo y las características de la planta, son una de las principales causas de uso excesivo del agua de riego lo que conllevó a la realización de este trabajo con el objetivo de Determinar el comportamiento de las necesidades hídricas del maíz, en las condiciones edafoclimáticas de la máquina de PIVOT central 4, de la CPA "Mártires de Barbados".

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la CPA "Mártires de Barbados", la que se encuentra entre las coordenadas geográficas: X = 560 – 566, Y = 244 – 246, en el Consejo Popular Rancho Luna, perteneciente al municipio Cienfuegos (figura 1). Limita al norte y al sur con la Empresa Pecuaria La Sierrita, al este con la Granja Santa Martina de la Empresa Hortícola Cienfuegos y al oeste, con áreas de la Empresa Forestal Integral. El periodo de estudio estuvo comprendido de mayo hasta octubre de 2021



Figura 1. Ubicación geográfica de la CPA "Mártires de Barbados"

El estudio abarcó la distribución representativa de los valores medios diarios de temperatura, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento. El comportamiento de las variables climáticas se tomó del Centro Meteorológico Provincial.

Del Departamento Provincial de Suelo se tomó la caracterización de los suelos predominantes de la unidad objeto de estudio.

El cultivo seleccionado para el estudio fue el maíz, con la variedad maig 5461 cat:CL:6-5160-18-1 con un porcentaje de germinación de un 73% y la variedad maiz maig 5461 cat: CL:6-5071-17-1 con un porcentaje de germinación de 75 %. La siembra se realizó el 25 de mayo de 2021 con una distancia de plantación de 0.70 m x 0.25 m. La cosecha del cultivo se efectuó el 25 de septiembre de 2021

Evapotranspiración de referencia

Para conocer la evapotranspiración y por tanto las necesidades hídricas del cultivo seleccionado primero se realizó el cálculo de la Evapotranspiración de Referencia (ET_o), que permite predecir los efectos del clima en la Evapotranspiración del Cultivo (ET_c). Para el cálculo de la Evapotranspiración de Referencia (ET_o) se utilizó el software CROPWAT (FAO, 2006), cuya ventana principal se representa en la figura 2. Este programa se fundamenta en el empleo de la fórmula de Penman-Monteith modificada por la FAO, que se basa en la relación que existe entre la radiación solar y la evapotranspiración.

Ecuación de Penman-Monteith.

$$E_o = \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{0}{L} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma^*} \frac{0}{T + 273} u_2 (e_s - e_a) \right]$$

Donde:

ET_o: evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

g*: constante psicrométrica modificada utilizada en el método de Penman-Monteith (mbar/°C)

es – ea: déficit de presión de vapor (mb)

es: presión de vapor a saturación a la temperatura promedio del aire (mb)

ea: presión de vapor tomada a la temperatura a punto de rocío (mb)

L: calor latente de vaporización (cal/gr)

g: constante psicrométrica

D: pendiente de la curva de presión de la saturación de vapor a una temperatura específica (mbar/°C)

R_n: energía de radiación neta (cal/(cm² día)

T: temperatura promedio (°C)

G: flujo termal del suelo (cal/cm²)

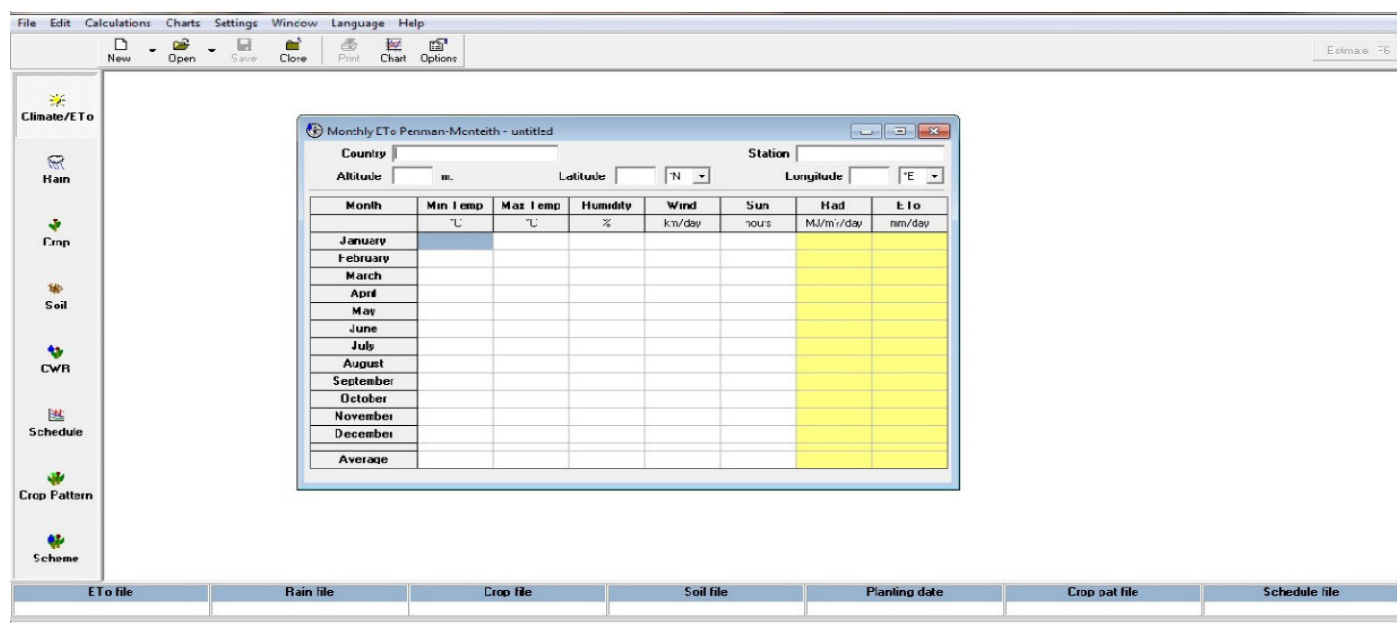


Figura 2: Ventana principal del Software para el cálculo de la Evapotranspiración de referencia, CROPWAT.

Los valores de las variables meteorológicas que constituyen datos de entrada para el programa CROPWAT fueron tomados del centro meteorológico provincial

Determinación de la evapotranspiración del cultivo

Conocida la ET_o y con los valores de K_c de los cultivos objeto de estudio, se calcula la Evapotranspiración del

cultivo y por tanto, las necesidades hídricas de los mismos a partir de la expresión:

$$E_c = E_o \times K_c$$

Donde:

E_c: evapotranspiración del cultivo

K_c: coeficiente del cultivo

E_o: evapotranspiración de referencia

En el cultivo seleccionado se tuvo en cuenta:

- Variedad
- Fecha de siembra
- Profundidad efectiva
- Agrotecnia aplicada
- Fecha de cosecha

Régimen de riego de proyecto y de explotación

A partir de los datos de clima, suelo, cultivo y técnica de riego se obtiene como una salida del programa CROPWAT una programación del riego considerada de proyecto toda vez que utiliza como datos del clima los valores de una serie histórica (1981-2010) y que permite ser corregido a partir del comportamiento en tiempo real de las mismas variables y sobre todo la lluvia lo que permite llegar al régimen de riego de explotación

el de más altas temperaturas, pero si el segundo en más baja humedad relativa y, sobretodo el de mayor velocidad del viento promedio, demostrando así su alto poder evaporante. Valores similares de la E_o fueron obtenidos en un estudio realizado por Duarte et al., (2017) en la región occidental de Cuba para estimar las normas netas a futuro en cuatro cultivos de interés entre lo que está el maíz.

Conocida la evapotranspiración de referencia se puede determinar la evapotranspiración del cultivo y con esta planificar certeramente los elementos del régimen de riego tales como la dosis, norma o lámina de agua aplicar, la fecha y el intervalo de riego y con ello suplir las necesidades hídricas del cultivo que no son cubiertas con la lluvia

RESULTADOS Y DISCUSION

Evapotranspiración de referencia

La Cooperativa de Producción Agropecuaria Mártires de Barbados está comprendida en la región climática Tropical poco húmeda de zonas costeras. Son territorios calientes, ligeramente lluviosos en el período húmedo y en invierno presentan humedad baja, sometida a la influencia de vientos locales (brisas terrales) abarcando una zona de llanuras que bordea la bahía de Cienfuegos y las costas. Las temperaturas medias anuales fluctúan entre 23 y 26 °C durante el período seco y 26 y 28 °C en el período húmedo. Las precipitaciones son relativamente abundantes con una media anual de 1384 mm. La humedad relativa media es del 76 % y la dirección predominante de los vientos es del NE, siendo su velocidad predominante de 6.5 m.s⁻¹

A partir del comportamiento de las variables meteorológicas en la serie histórica 1981-2010 se pudo determinar, con el software CROPWAT 8.0, la evapotranspiración de referencia (E_o) para los meses que comprendió el estudio cuyos resultados se muestran en la tabla 1. Como se aprecia en la propia tabla, los datos de entrada para determinar la E_o son parámetros climáticos por lo que la E_o es también un parámetro climático. Este valor expresa el poder evaporante de la atmósfera en la localidad y época del año especificada, y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo (Hervis, 2018).

El valor más alto de la evapotranspiración de referencia promedio diaria corresponde al mes de mayo que no es

Tabla 1. Comportamiento de las variables meteorológicas

Meses	Temperatura		Humedad relativa (%)	Velocidad Viento (m.s-1)	Insolación (h)	Radiación solar (MJ.m ⁻² .día ⁻¹)	E _o (mm.día ⁻¹)
	Mínima (°C)	Máxima (°C)					
Mayo	21.4	31.8	73	7.0	8.3	22.4	6.24
Junio	22.8	32.4	78	5.2	7.2	20.8	5.40
Julio	22.8	33.1	77	4.9	8.6	22.8	5.82
Agosto	22.9	32.9	79	4.3	7.3	20.5	5.20
Septiembre	22.7	32.2	82	4.0	7.0	19.0	4.57
Promedio anual	20.3	30.7	76	6.5	8.0	19.5	5.23

Fuente: programa CROPWAT

Precipitaciones caídas y aprovechadas

La lluvia es otro de los elementos a considerar en la planificación del riego. De su magnitud, frecuencia e intensidad depende la cantidad que es retenida por el suelo para convertirse en humedad aprovechable por las plantas. La diferencia numérica entre el valor de la evapotranspiración que debe experimentar la planta y la lluvia aprovechable es la cantidad de agua que debe garantizarse con el riego. Disponer de estos datos y de una herramienta como el programa CROPWAT facilitan la toma de decisiones para poder decidir cuándo y cuánto regar dejando atrás obsoletos métodos como el de intervalos y dosis fijas que solo logran derrochar agua, afectar el suelo, las fuentes de agua, los cultivos y la economía.

Teniendo como fortaleza la existencia de un pluviómetro en la propia CPA, el cual pertenece a la red del Instituto de Recursos Hidráulicos, se dispone de una información más precisa de esta variable climática y de fácil acceso para su uso en la gestión agrícola.

Las precipitaciones medias en los meses del estudio alcanzan valores altos considerando que el mismo se encuentra dentro del periodo de la primavera. Los meses de agosto y septiembre son los más lluviosos con valores de 255 mm y 223 mm respectivamente. Según el cálculo que realiza el programa CROPWAT, de la lluvia total caída solo el 66,3 % se considera efectiva, es decir que es retenida por el suelo y empleada por el cultivo con los meses de julio a agosto como los más lluviosos (ver tabla 2)

Los valores reportados para igual periodo en el propio año en que se desarrolló el cultivo son inferiores a los medios históricos y llegan hasta los 656,2 mm, con julio y agosto como los más lluviosos. Si bien el comportamiento histórico de las precipitaciones es importante a la hora de establecer un régimen de riego de proyecto, muy importantes es lo que ocurre en el propio año en que se desarrolla el cultivo, lo que permite corregir el mencionado régimen de riego y atender así a las verdaderas necesidades hídricas que las lluvias no supe. Es importante cuantificar a nivel de sistema de riego las precipitaciones caídas y de estas las que se consideran efectiva para enfrentar los efectos del cambio climático toda vez que como resultado del mismo se espera, según Duarte et al., (2017), una reducción considerable de las precipitaciones para el futuro cercano

Tabla. 2 Comportamiento de las precipitaciones desde mayo hasta septiembre en el periodo 2000-2012 y en el 2021

Meses	Precipitaciones (mm)		
	Caída	Efectiva	2021
Mayo	121,8	98,1	145,7
Junio	183,7	129,7	90,4
Julio	172,3	124,8	338,7

Agosto	255,1	137,8	225
Septiembre	223	143,4	18,4
TOTAL	955,9	633,8	656,2

Fuente: a partir del Software CROPWAT

Evapotranspiración del cultivo del maíz en la CPA "Mártires de Barbados"

Los requerimientos decenales de agua expresados por la evapotranspiración del cultivo (ETc) en ese periodo de tiempo y la precipitación efectiva o aprovechable son elementos esenciales para conocer la fracción que será cubierta con el riego y con ello planificar la fecha y las dosis

Las necesidades decenales de agua para el maíz, según el programa CROPWAT, para las condiciones edafoclimática y época de siembra muestra valores que van en ascenso en la medida que el cultivo avanza en su desarrollo y crece con ello la demanda de agua, como se observa en la tabla 3. Este valor permite decidir la programación del riego considerando la fracción de estas necesidades que no ha sido cubierta con la lluvia

En el lugar donde se realiza el estudio se puede aplicar con exactitud el agua requerida por el cultivo al disponer de un sistema estacionario, una máquina de pivote central, que solo atiende un área específica y no rota por otras áreas. Además, se cuenta con un pluviómetro relativamente cerca para conocer el volumen de las precipitaciones y utilizarlo en la programación del riego

Tabla. 3 Requerimientos de agua del cultivo del maíz

Meses	Decenas	Fase	Kc	ETc mm.día ⁻¹	ETc mm.dec ⁻¹
Mayo	3	Inicio	0,60	3,58	25
Junio	1	Inicio	0,60	3,37	33,7
	2	Des	0,60	3,20	32
	3	Des	0,68	3,73	37,3
Julio	1	Des	0,79	4,55	45,5
	2	Des	0,90	5,33	53,3
	3	Med	0,98	5,56	61,2
Agosto	1	Med	0,98	5,31	53,1
	2	Med	0,98	5,11	51,1
	3	Med	0,98	4,90	53,9
Septiembre	1	Fin	0,86	4,09	40,9
	2	Fin	0,57	2,63	26,3
	3	Fin	0,42	1,90	1,9
TOTAL					515,2

Fuente: a partir del Software CROPWAT

Programación del riego e partir de la dinámica de la humedad. Régimen de riego de proyecto

A partir del comportamiento de las variables climáticas y considerando las características del suelo, del cultivo y la técnica de riego, la dinámica de la humedad del suelo, representada en la figura 4, muestran las fluctuaciones

experimentadas como resultado de los ingresos y egresos de agua. Para que pueda mantenerse la humedad del suelo entre los límites óptimos (capacidad de campo y límite productivo), el aporte del riego es decisivo debido

a que las precipitaciones que ocurren tanto por su intensidad como por la frecuencia no se aprovechan al 100 %. Este sería un comportamiento ideal para que el cultivo no se vea afectado por carencias de humedad.

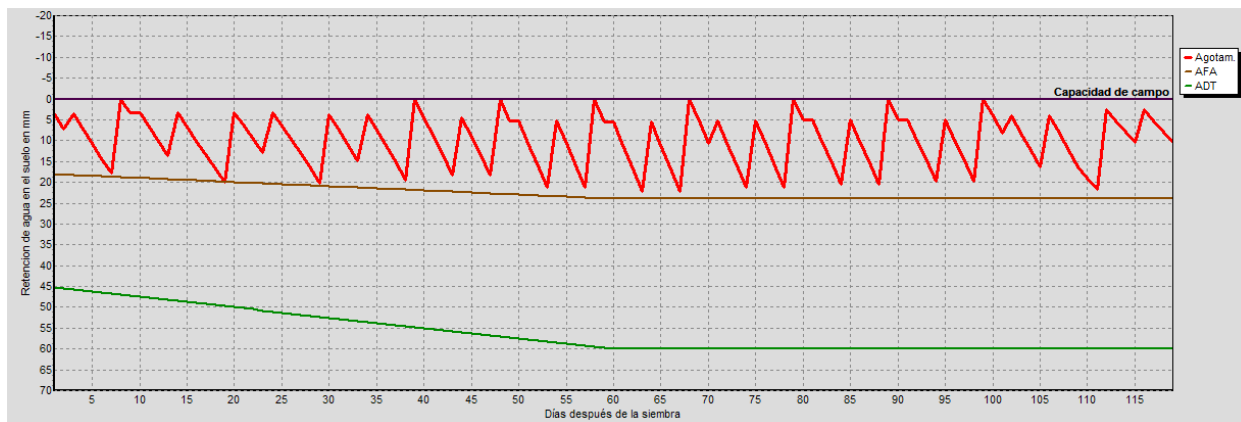


Figura 4. Régimen de riego de proyecto para el maíz

Para lograr que la humedad del suelo no descienda del límite inferior del agua fácilmente utilizable (AFU), como se muestra en el Figura anterior, se proyecta la aplicación de 8 riegos con un intervalo entre 9 y 11 días excepto entre los dos primeros riegos donde se presentaron lluvias que satisfacen las exigencias del cultivo.

Sin embargo, en la práctica el régimen de riego calculado no se corresponde con el aplicado como muestra la tabla 4. Tanto las láminas aplicadas como el intervalo entre los riegos no consideran las demandas reales del cultivo. De este análisis se infiere que se desconocen las necesidades hídricas reales del cultivo y el manejo de este se hace de forma empírica

Tabla 4. Dosis e intervalo de riego por etapas según modelo CROPWAT y el aplicado al cultivo

Según modelo CROPWAT					Aplicado			
Fecha	Días	Etapas	Lámina neta (mm)	Intervalo riego (días)	Fecha	Lámina neta (mm)	Intervalo riego (días)	Observaciones
1 junio	8	Inicio	21,3		1-06	13.6		
					8-06	15.2	7	
					15-06	15.2	7	
					22-06	15.2	7	
2 julio	39	Desarrollo	24,0	31	29-06	15.2	7	
11 julio	48	Desarrollo	23,5	9	13-07	19.5	15	Se suspendió un riego por la lluvia
21 julio	58	Desarrollo	26,9	10	24-07	19.5	11	
31 julio	68	Media	27,8	10	31-07	27.3	7	
11 agosto	79	Media	26,3	11	13-08	27.3	14	Atrasado por la lluvia
21 agosto	89	Media	25,3	10	20-08	27.3	7	
31 agosto	99	Media	24,5	10	27-08	19.5	7	Llovió ese propio día
					3-09	19.5	7	
					10-09	13.6	7	
21 septiembre	119	Fin	-	20	17-09	13.6	7	
Total			199.6			261.5		

Fuente: Elaboración propia

Régimen de riego de explotación

El régimen de riego de proyecto es una buena base o punto de partida para aplicar el de explotación ajustando los elementos que lo conforman a las condiciones concretas del propio año en que se aplica y así mantener la humedad del suelo entre la capacidad de campo y el límite productivo.

Las precipitaciones, durante el periodo del estudio, tuvieron presencia en 31 de los 120 días que duró el mismo, como muestra la figura 5, y en 25 de ellos con valores superiores a 5 mm, por lo que se consideran efectivas,



Figura 5. Comportamiento de las lluvias en el periodo de estudio

Del total de precipitaciones ocurridas sólo se aprovecha el 35 %, como muestra la figura 6, ese bajo aprovechamiento se debe a la ocurrencia de precipitaciones en días consecutivos, a los volúmenes diarios y al nivel de humedad del suelo en el día que ocurre la lluvia



Figura 6. Aprovechamiento de las lluvias

A partir de las precipitaciones ocurridas y su aprovechamiento, de la evapotranspiración del cultivo y de las características del suelo se ajustó el régimen de riego de proyecto, el cual se representa en la figura 7, con el que se reduce el número de riego a 12 aplicaciones con una dosis total de 258,5 mm en todo el ciclo del cultivo que representan el 55 % de las necesidades hídricas del cultivo del maíz en las condiciones edafoclimáticas de la zona del estudio. Esta lámina de agua es ligeramente superior a la propuesta por Blanco & González (2021) en un estudio sobre la influencia de la densidad de población en el rendimiento del cultivo del maíz en las áreas del INCA, en Mayabeque donde utilizaron una lámina de riego de 213 mm.

Con la propuesta de régimen de riego se aprovecha al máximo la lluvia ocurrida en el periodo de riego, lo cual hace que disminuya la cantidad de agua aplicada y con ello se produce un ahorro por concepto de bombeo de agua y salario del operador de la máquina de riego.

Según González et al., (2015) para producir una tonelada de maíz, con máquinas de pivote central eléctricas, se requieren 2 800 m³ de agua lo que por si solo explica la necesidad de aprovechar al máximo las precipitaciones para que el impacto económico sea mayor

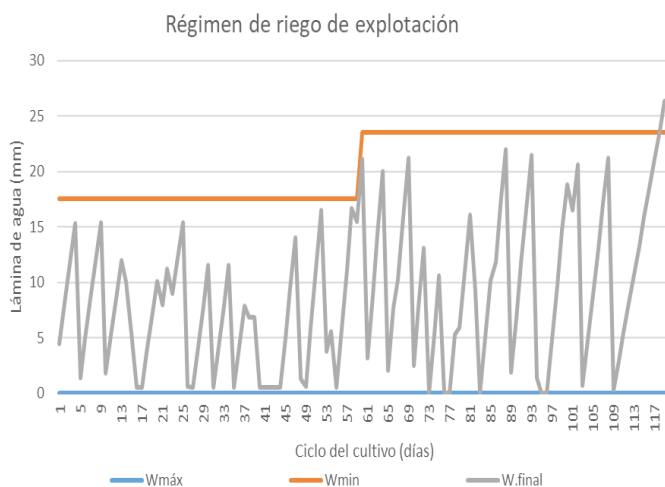


Figura 7: Régimen de riego propuesto

CONCLUSIONES

Las dosis parciales y totales de riego aplicadas al maíz no se corresponden con las necesidades hídricas reales del cultivo al desestimar el comportamiento del clima en la zona, las características y propiedades del suelo y el desarrollo del cultivo

Las lluvias caídas no se aprovechan en su totalidad al no tener control de la dinámica de la humedad del suelo y llevar la programación del riego de forma empírica

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amiri, E., Abdzad., Gohari, A. & Esmailian, Y. (2012). Effect of irrigation and nitrogen on yield, yield components and water use efficiency of eggplant. *African Journal of Biotechnology*, 11(13), 3070-3079.
- Blanco-Valdes, Y. & González-Viera, D. (2021). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 42(3).

- Bozkurt Çolak, Y. (2019). Effects of Irrigation Frequency and Level on Yield and Stomatal Resistance of Eggplant (*Solanum melongena* L.) Grown in Open Field Irrigated with Surface and Subsurface Drip Methods. *Applied Ecology and Environmental Research* 17(6), 15585-15604.
- Castro Perdomo, N. A., & Rajadel Acosta, O. N. (2021). Otra cara de la problemática del agua y el cambio climático; dos realidades sinérgicas yuxtapuestas. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(4), 351-360
- Cuba. Oficina Nacional de Estadística e Información (2018). "Anuario estadístico de Cuba 2017", Capítulo 9. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, pp Ed. ONEI, La Habana.
- Duarte Díaz C. (2017). Predicción de las normas netas de riego a futuro en el pronóstico de riego. *Revista Ingeniería Agrícola*. Vol 7 No 3. ISSN-2227-8761. pp 3-11
- FAO. (2006). FAOSTAT. Database Results. Food Agricultural Organization. (2006). <http://faostat.fao.org>
- González Robaina, F., López Seijas, T., & Herrera Puebla, J. (2015). Indicadores de productividad del agua por cultivos y técnicas de riego en Cuba. , 24(4), 57-63.
- Hernández Antúnez, Y. (2016). Caracterización de la precipitación efectiva y la evapotranspiración de referencia en la provincia Villa Clara. [Trabajo de diploma]. Universidad central de Las Villas "Marta Abreu". Santa Clara. Villa Clara
- Hervis, G. (2018). Estimación de la Evapotranspiración de referencia (Eto) empleando el software Cropwat Versión 8.0. Centro de Investigaciones Hidráulicas, Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría."
- Madramootoo, CH. A. & Fyles, H. (2010). "Irrigation in the context of today's global food crisis, Irrigation and Drainage", *Irrig. and Drain.*, 59: 40–52.
- Mukesh, B. J. & Kapadia, V.P. (, 2010). "Sharing water in the 21st century: Rethinking the rationale? Irrigation and Drainage", *Irrig. and Drain.*, 59: 92–101.
- poku Darko, R., Yuan, S., Kumi, F. y Quaye F. (2019). Effect of Deficit Irrigation on Yield and Quality of Eggplant. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, 4, 1325-1333.
- Vázquez, V., M.; L. Minjares ; E. Camacho; M. Hernandez, L. & J. Rodriguez, A. (2017). "Uso del análisis envolvente de datos (DEA) para evaluar la eficiencia de riego en los módulos del distrito No.041, Rio yanqui (Sonora Mexico)", 49: 2017
- Viguera, B M., Martínez Rodríguez, M R., Donatti, C I., Harvey C. A. & Alpizar F. (2017). Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. Proyecto Cascada. Módulo 2. CATIE.