

Requerimientos hídricos a futuro de la piña en la provincia Ciego de Ávila

Hidracs Requirements to Future of Pineapple Crop in Ciego de Ávila Province

✉ Camilo Bonet-Pérez*, 📇 Bárbara Mola-Fines, 📇 Dania Rodríguez-Correa and 📇 Pedro Guerrero-Posada

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Filial Camagüey, Cuba.

*Autor para correspondencia: Camilo Bonet-Pérez, e-mail: camilobp51@gmail.com esp.ext.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu.

RESUMEN: El Cambio Climático crea condiciones que modifican los requerimientos de riego de los cultivos, con el objetivo de determinar las necesidades hídricas a futuro del cultivo de la piña (cv. Española roja) en las condiciones de la provincia Ciego de Ávila se realizó una evaluación para el periodo 2020 - 2050 mediante la aplicación del programa CROPWAT 8.0, utilizando información obtenida durante estudios sobre la evapotranspiración y la respuesta del cultivo al riego, y la información climática aportada por el modelo regional climático PRECIS con empleo del escenario climático Echam (línea evolutiva A2); para la evaluación fueron seleccionados los años característicos (medio seco, medio y medio húmedo). Los resultados confirman que las precipitaciones se mantendrán en el rango entre 1200 y 1500 mm anuales, siempre por debajo de la evapotranspiración del cultivo, concentrándose las necesidades de riego en tres etapas del año, alcanzándose los mayores valores de requerimientos hídricos en los meses de marzo y abril, con un valor máximo de 4,12 mm/día; las normas de riego netas se muestran en el rango entre 1313 y 1384 m³/ha, el efecto del suministro limitado de agua en el rendimiento durante la etapa final de desarrollo fisiológico es bajo (2,6 - 2,7 %), debiendo estimarse efectos más marcados si el déficit de humedad se produce en la etapa de máxima demanda hídrica. Los resultados confirman que se debe esperar a futuro un aumento de los requerimientos de riego en relación a las normas que se aplican en la actualidad.

Palabras clave: cambio climático, precipitaciones, necesidades de riego.

ABSTRACT: The Climatic Change believes conditions that modify the irrigation requirements of the cultivations, with the objective of determining the hidracs necessities to future in pineapple crop (cv. Red Spanish) under the conditions of the Ciego de Ávila province was carried out an evaluation for the period 2020 - 2050 by means of the application of the program CROPWAT 8.0, using the information obtained during the studies related to the evapotranspiration, the answer to the crop irrigation, and the climatic information contributed by the climatic regional pattern PRECIS with employment of the climatic scenario Echam (evolutionary line A2); for the evaluation were selected the characteristic years (half dry, half and half humid). The results confirm that the precipitations will stay in the range between 1200 and 1500 mm annually, always below the evapotranspiration of the cultivation, concentrating the irrigation necessities on three stages of the year, being reached the biggest values of hidracs requirements in the months of March and April, with a maximum of 4,12 mm/day; the net irrigation norms are shown in the range between 1313 and 1384 m³/ha, the effect of the limited supply of water in the yield during the final stage of physiologic development is low (2,6 - 2,7 %), should be considered more marked goods if the deficit of humidity takes place in the maxim stage of hidracs demands. The results confirm that it should be expected to future an increase of the irrigation requirements in relation to the norms that are applied at the present time.

Keywords: Climatic Change, Precipitations, Irrigation Necessities.

INTRODUCCIÓN

El Cambio Climático constituye una amenaza para lograr la seguridad alimentaria, la cual existe cuando todas las personas en todo momento tienen acceso físico o económico a alimentos nutritivos, inocuos y suficientes para satisfacer las necesidades dietéticas y de su preferencia para una vida activa y saludable [Galindo et al. \(2014\)](#); estos autores refieren la importancia de la aplicación de

medidas de adaptación al cambio climático, definidas como ajustes en los sistemas naturales o humanos como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos; estos ajustes tienen como finalidad asegurar los niveles de bienestar y desarrollo vigente frente a las nuevas condiciones de acelerados cambios en el clima, y que superan la variabilidad históricamente conocida y por ende las capacidades de la población de reconocerlos y asumirlos.

Recibido: 02/03/2024

Aceptado: 25/11/2024

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES: **Conceptualización:** C. Bonet. **Data curation:** C. Bonet. **Formal analysis:** C. Bonet, D. Rodríguez, B. Mola, P. Guerrero. **Investigation:** C. Bonet, D. Rodríguez, B. Mola, P. Guerrero. **Methodology:** C. Bonet. **Supervision:** C. Bonet, D. Rodríguez, B. Mola, P. Guerrero. **Writing original draft:** C. Bonet. **Writing review and editing:** D. Rodríguez, B. Mola, P. Guerrero.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Ha expresado López (2015) que el rendimiento de los cultivos y la producción agrícola están determinados por un conjunto de factores climáticos y geográficos tales como la humedad del suelo, la temperatura, la precipitación, la variabilidad climática, la luz solar y el grado de fertilidad de la tierra, por lo que la protección de la seguridad alimentaria significa evitar interrupciones o reducciones en el suministro de alimentos debidas a los cambios en la temperatura y los regímenes de precipitación, por tanto es importante la aplicación de medidas de adaptación, entendida como la reducción de los riesgos generados por el cambio climático para las vidas de las personas y sus medios de subsistencia.

Según informe de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), referido a los recursos hídricos CEPAL (2015), las medidas de adaptación no pueden aplicarse de manera arbitraria, pues algunos procesos de adaptación espontánea están sujetos a un sesgo de inefficiencia; por ejemplo, en el caso en que el cambio permanente en la temperatura media no es percibido como tal y por tanto se realizan ajustes que se consideran temporales sobre la explotación de los recursos hídricos, como resultado de esto se puede buscar compensar el aumento de la temperatura con una sobreexplotación de los recursos hídricos.

Ha expresado la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), que la variabilidad del clima y el cambio climático plantean múltiples dificultades, reducen la productividad y la producción de alimentos y añaden una nueva fuente de presión a los sistemas de producción alimentaria, ya de por sí frágiles, ciertas regiones del continente verán profundizarse la crisis del agua debido al aumento del consumo y a la disminución de la oferta. Siendo la agricultura el principal consumidor de agua, es probable que esta sea la actividad económica más afectada y a la cual se le solicite los mayores esfuerzos de orientarse hacia una gestión altamente eficiente del recurso (FAO, 2015).

Reportes de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) sobre los estados insulares en desarrollo UNESCO (2015), consideran que las zonas donde se prevé la disminución de las lluvias tendrán que mejorar el almacenamiento, la gestión y la productividad del agua y el suelo; los sistemas grandes de irrigación deberán adaptarse a los cambios que se producirán en los regímenes de suministro de agua y se necesitará apoyo para las medidas de control del agua en pequeña escala, realizadas sobre el terreno.

Los efectos del Cambio Climático marcan diferencias en relación al consumo de agua de los cultivos de importancia económica, debido a las variaciones en el régimen de temperaturas y al comportamiento de las precipitaciones, por ello adquiere especial relevancia la divulgación de los conocimientos sobre las medidas de adaptación (CEPAL, 2015).

Para el año 2030 la demanda de agua ascenderá a un 40 % superior al agua disponible y el 46 % de las áreas

cultivables en el mundo necesitarán ser irrigadas debido a factores relacionados con el cambio climático y con las condiciones meteorológicas en general (Betancourt, 2017, citado por (Rodríguez et al. 2022).

Velasco et al. (2005) citados por Agramonte et al. (2022) definen la sequía como un desastre natural lento que no presenta trayectorias definidas y tiende a extenderse de manera irregular a través del tiempo y el espacio.

En los últimos años se han vivido períodos de sequías que han afectado grandemente a la agricultura cubana, y aunque la situación de la disponibilidad de agua no es similar en todos los territorios, y no se enfrenta un periodo de crisis extrema como en otros países, los efectos del cambio climático y las sequías prolongadas obligan a tomar medidas adecuadas; se prevé que esta situación se agravará frente a un horizonte de menor disponibilidad de agua debido a la disminución de las precipitaciones pronosticadas por los efectos de la variabilidad y el cambio climático para Cuba (Planos, 2014, citado por Hervis et al. (2018).

Reporta Planos (2019) que los escenarios del clima futuro de Cuba para finales del siglo XXI estiman una disminución de las precipitaciones anuales en el orden entre el 15 y 63 %, acompañada del aumento de la evapotranspiración potencial y la evaporación, todo lo cual conduce a un incremento de la demanda de riego; si bien es de esperar que el comportamiento no sea similar, en mayor o menor medida la afectación debe manifestarse en todo el territorio nacional.

En la agricultura cubana el riego es un factor potenciador de los rendimientos ya que la distribución no homogénea de las precipitaciones impone un periodo poco lluvioso en el año (de noviembre a abril) donde solo ocurre como media el 20 % de la precipitación anual y este periodo coincide con el óptimo para el crecimiento y desarrollo de la mayoría de los cultivos agrícolas (Rodríguez, 2013, citado por Rodríguez et al. (2022).

Según Duarte et al. (2017) citados por Bonet et al. (2019), en Cuba se utiliza anualmente para la producción agropecuaria cerca del 60 % del agua disponible, de la cual más del 90 % se emplea en el riego de los cultivos.

Ha expresado Bonet et al. (2019), que es éste un cultivo con características peculiares en cuanto a sus necesidades hídricas, estas particularidades están dadas por adaptaciones morfológicas y fisiológicas que determinan su resistencia a la sequía, baja evapotranspiración y alto aprovechamiento del agua que consume; las consecuencias de la sequía son muy variables de acuerdo con la edad de la planta en el momento de producirse, los efectos son reversibles y cuando el agua está nuevamente disponible las hojas se rehidratan y reinician el crecimiento normal. Los síntomas de estrés hídrico pueden aparecer más rápidamente en suelos con baja capacidad de almacenamiento de agua si la profundidad radical es restringida.

Reporta el propio autor que como resultado de estudios efectuados con el cultivar Espanola roja durante la década

del 80 en la provincia de Ciego de Ávila se pudo comprobar que a pesar de su resistencia a la sequía la piña respondió positivamente al riego, tanto en su crecimiento como en la producción, sin efectos marcados sobre la calidad del jugo, obteniéndose los mejores resultados cuando el riego se efectuó a partir de un límite inferior de humedad del 80 % de la Capacidad de Campo, obteniéndose valores de evapotranspiración entre 1,90 y 3,21 mm/día con los máximos valores durante la etapa de floración y desarrollo del fruto, y valores de coeficiente de cultivo (Kc) entre 0,50 y 0,92.

Para las condiciones de Cuba, comunicaciones del Instituto de Investigaciones de Frutas Tropicales (IIFT, 2013, citado por Bonet (2019) señalan que desde el trasplante hasta el tercer mes debe aplicarse un riego semanal de aproximadamente 3,5 L/planta y desde el cuarto mes hasta que se produzca la inducción de la floración, un riego cada 10 días de alrededor de 4,0 L/planta. Esta institución ha afirmado que la piña requiere en las condiciones de Cuba entre 15 y 18 mm semanales utilizando riego por goteo y entre 30 y 35 mm en el mismo periodo cuando se riega por aspersión.

La producción de piña resulta estratégica para el país por su alto nivel de aceptación para el consumo nacional y por constituir a la vez un renglón exportable.

La importancia técnica de los estudios y su efecto económico están relacionados con el comportamiento de los requerimientos hídricos de los cultivos a futuro hacia el 2050, radica en que brindan la información necesaria para la planificación del agua en el país, permitiendo establecer las estrategias adecuadas que tomen en consideración las condiciones cambiantes del clima, lo que contribuirá a minimizar la afectación a los rendimientos agrícolas en condiciones de limitaciones en el suministro de agua.

Los resultados correspondientes a este cultivo forman parte de los estudios encaminados a obtener la información precisa para la predicción de las normas de riego a futuro de los cultivos de importancia económica en el país, a partir de las variabilidades climáticas. El objetivo del presente trabajo es la determinación de las necesidades hídricas a futuro del cultivo de la piña (cv. española roja) en las condiciones de la provincia Ciego de Ávila.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como parte de los estudios llevados a cabo dentro del proyecto titulado “Predicción a futuro según la variabilidad climática de las normas netas de riego de los cultivos agrícolas de importancia en Cuba” (Código: P211CH001-055) del Programa Nacional de Cambio

Climático en Cuba: Impactos, Adaptación y Mitigación, se realizaron evaluaciones con el objetivo de estimar a futuro las normas netas de riego del cultivo de la piña según la variabilidad climática prevista hasta el año 2050.

El cultivar española roja fue utilizado por ser el plantado en mayor escala en el país. El modelo se calibró con datos provenientes de las investigaciones de campo sobre las necesidades hídricas del cultivo de la piña llevadas a cabo durante el periodo 2007 - 2010 en la provincia de Ciego de Ávila Bonet et al. (2012), en los siguientes sitios experimentales:

- Unidad de Ciencia y Técnica “Juan Tomás Roig” de la Universidad de Ciego de Ávila (UNICA), ubicada en la hoja cartográfica Ceballos 4481 entre las coordenadas Lamber Norte - Sur 222.0 - 231.0 y Oeste - Este 737.5-738.5, kilómetro 9 de la carretera Ciego - Morón. Ciego de Ávila.
- UEB producción de piña. Empresa Agroindustrial Ceballos. Ciego de Ávila. en los 21°47'57'' Latitud Norte y 78°46'58'' Longitud Oeste, kilómetro 3, Carretera Ciego - Venezuela, Ciego de Ávila.

Durante la investigación de campo previa a la aplicación del programa se emplearon sistemas de riego por aspersión de media presión estacionario y semi estacionario, en cuya evaluación se obtuvieron valores de eficiencia de 70 y 74 % para los sistemas estacionario y semi estacionario respectivamente con velocidades del viento bajas (menores de 1 m/s).

El suelo del área experimental es Ferralítico Rojo compactado, predominante en las áreas dedicadas a este cultivo en esa provincia, cuyas propiedades hidrofísicas se presentan en la Tabla 1.

En dicha investigación se utilizaron cuatro criterios para la programación del riego:

- Tratamiento A. Regado al 80 % de la capacidad de campo (CC)
- Tratamiento B. Regado al 70 % CC durante todo el periodo
- Tratamiento C. Regado al 70 % CC durante el periodo seco y sin riego el resto del año
- Tratamiento D. Sin riego

Los tratamientos B, C y D establecieron condiciones de estrés hídrico en diferentes momentos de desarrollo del cultivo.

La profundidad de raíces utilizada fue de 0,20 m, la que corresponde con las características del cultivar

TABLA 1. Propiedades hidrofísicas del suelo

Profundidad (cm)	Densidad aparente (g/cm ³)	Capacidad de campo (% b.s.s.)	Velocidad infiltración (mm/h)
0 - 10	1,34	30,75	66,0
10 - 20	1,34	30,50	66,0
20 - 30	1,34	30,00	66,0

Fuente: Instituto de Suelos, Ciego de Ávila (2011), citado por Bonet et al. (2012).

empleado. Los coeficientes de cultivo (Kc) fueron determinados para el tratamiento de riego óptimo a partir de la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la evapotranspiración de referencia (ETo), obteniéndose los valores mostrados en la [Tabla 2](#).

Se realizó un análisis de la relación entre la precipitación y la ETo en los años seleccionados, determinándose los valores de ETc y las necesidades netas de riego en dichos años. Finalmente se valora el efecto esperado de la reducción de la norma de riego en los rendimientos.

En relación a la afectación permisible del rendimiento, los valores del agotamiento de humedad se calcularon para tres niveles de humedad del suelo correspondientes al 75, 70 y 65 % de la reserva máxima, los resultados confirmaron una relación del rendimiento y el uso del agua en el cultivo de la piña.

Se utilizó el modelo regional climático *Providing Regional Climates for Impact Studies* (PRECIS) como escenario explicativo del probable clima futuro, a partir de las expectativas de posibles emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), dentro de éste se seleccionó el escenario climático Echam en la serie 1961-2099 según estudios del Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET), recomendado por Planos (2014), citado por [Duarte et al. \(2017\)](#); fue utilizada la línea evolutiva A2 para estimar el posible impacto del cambio climático sobre la sociedad y el medio ambiente, la cual está fundamentada en una economía regional con un desarrollo económico-tecnológico lento.

Se empleó el programa CROPWAT (versión 8.0) para la modelación de los sistemas agrícolas, así como la estimación de las normas de riego a corto, mediano y largo plazo en función de los pronósticos de variabilidad climática en el país. Fue seleccionada la serie del periodo 2020 - 2050, se calculó la probabilidad de lluvia para la serie seleccionada, se determinaron los años característicos (medio seco, medio y medio húmedo), para los años característicos se calcularon los requerimientos de agua y los indicadores de programación de riego.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Probabilidad de ocurrencia de lluvia para la serie 2020 - 2050

Estudios recientes revelan una tendencia al incremento de la magnitud y frecuencia de eventos de sequía, así como

de la irregularidad en la distribución de las precipitaciones ([Agramonte et al., 2022](#)). Se muestran los resultados del análisis de la probabilidad de precipitaciones para las series para el escenario estudiado ([Figura 1](#)).

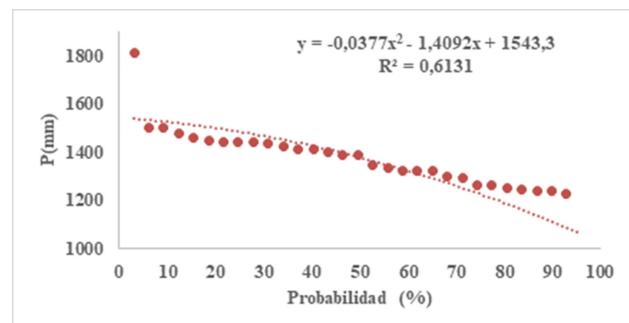


FIGURA 1. Probabilidad de precipitaciones 2020 - 2050 en el área de estudio.

La ecuación cuadrática mostró el mejor ajuste, con un coeficiente de determinación de 0,61 que indica la relación entre la magnitud de la lluvia y su probabilidad de ocurrencia, siguiendo una tendencia esperada.

En la serie correspondiente al área seleccionada, los valores se concentran básicamente en el rango anteriormente señalado.

De acuerdo al comportamiento estimado de las precipitaciones a futuro en el escenario estudiado, se seleccionaron tres años típicos: medio seco, medio y medio húmedo, que resultaron ser 2020, 2022 y 2021 respectivamente. La [Tabla 3](#) presenta las variables climáticas que caracterizan los años seleccionados.

Requerimientos de agua del cultivo

La respuesta de los cultivos al déficit hídrico son compleja y es común el uso de funciones empíricas para estimar los rendimientos; estas funciones casi siempre están relacionadas con el nivel de déficit hídrico que sufre el cultivo durante parte o el total del ciclo (Flores et al., 2013, citados por [Díaz et al. \(2018\)](#)).

El programa CROPWAT desarrollado por FAO para el cálculo de las demandas de agua de los cultivos, determina la ETo utilizando el método FAO Penman-Monteith a partir de datos meteorológicos como: temperatura máxima y mínima del aire; humedad del aire; velocidad del viento y estima la radiación en base a la posición geográfica y la insolación ([Pérez et al., 2016](#)).

TABLA 2. Valores de coeficientes de cultivo

Período fenológico	1er. Ciclo			2do. Ciclo			3er. Ciclo		
	ETc	ETo	Kc	ETc	ETo	Kc	ETc	ETo	Kc
	mm.d ⁻¹			mm.d ⁻¹			mm.d ⁻¹		
Establecimiento	1,90	3,80	0,50	-	-	-	-	-	-
Crecimiento vegetativo	2,74	4,72	0,58	2,39	4,51	0,53	2,33	4,75	0,49
Floración	3,21	3,49	0,92	2,61	2,96	0,88	2,68	3,43	0,78
Desarrollo del fruto	3,18	4,48	0,71	2,47	3,92	0,63	2,52	3,76	0,67
Cosecha	2,89	5,07	0,57	2,38	4,76	0,50	2,34	3,96	0,59

Fuente: Bonet (2019).

TABLA 3. Valores promedio de las variables climáticas de los años característicos

Año	Temp. Min. (°C)	Temp. Max. (°C)	Hum. (%)	Veloc. Viento (km/día)	Horas luz	Rad. (MJ/m ² /día)	ETo (mm/día)
2020	21,5	32,2	77	229	7,4	18,7	4,27
2022	21,0	31,6	78	218	7,3	18,6	4,14
2021	21,7	31,6	79	223	6,8	18,0	4,01

La precipitación efectiva (Pe) alcanza valores superiores al 70 % de las precipitaciones totales (Pt), sin embargo, se observa que en todos los años característicos la ETo supera la Pe (Tabla 4).

Según estudios precedentes, en las condiciones de Cuba precipitaciones entre 1 200 y 1 500 mm al año, si están bien distribuidas, son suficientes para abastecer las plantaciones de piña (Bonet et al., 2012).

Al analizar los requerimientos de agua del cultivo en estos años, se observa que las necesidades de riego se concentran en tres periodos: enero a abril, julio a agosto y octubre a diciembre (Figuras 2, 3, 4).

Durante el año medio seco se alcanzan los mayores valores de ETc entre marzo y mediados de abril, en los periodos de julio y agosto y de octubre a diciembre presenta necesidades hídricas bajas.

En el año medio el comportamiento en relación a la distribución de los requerimientos hídricos en el tiempo mantiene una tendencia similar a lo observado en el año medio seco, con la diferencia de que a inicios de año el periodo solo se extiende solo hasta el mes de marzo y a finales de año se inicia en el mes de noviembre, alcanzando el valor extremo a mediados del mes de marzo.

De manera general el comportamiento durante el año medio húmedo es similar al año medio seco, con la diferencia de que en la etapa final los requerimientos hídricos comienzan desde finales de octubre.

Al interpretar estos resultados es necesario considerar que se ha tomado como referencia la fecha de siembra de noviembre - diciembre, en la cual el desarrollo vegetativo del cultivo se lleva a cabo durante todo el año hasta alcanzar la etapa de floración y desarrollo del fruto 12 meses después, lo cual condiciona que esta etapa fisiológica del cultivo coincida con el periodo poco lluvioso del año.

Los resultados de los indicadores de las normas de riego obtenidas asumiendo una eficiencia de aplicación del 70 % para cada uno de los años característicos se muestran en la Tabla 5.

Relación de la precipitación con programación de riego del cultivo

La precipitación total tiene un efecto marcado en las requerimientos de riego del cultivo, obteniéndose valores

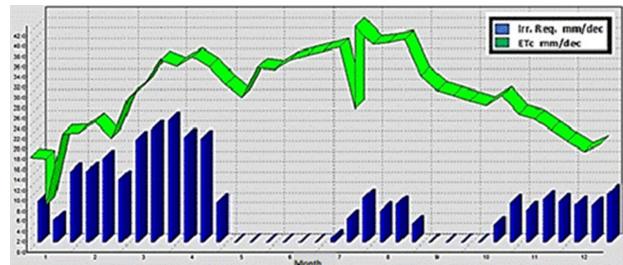


FIGURA 2. Requerimiento de agua del cultivo de la piña. Año medio seco (2020).

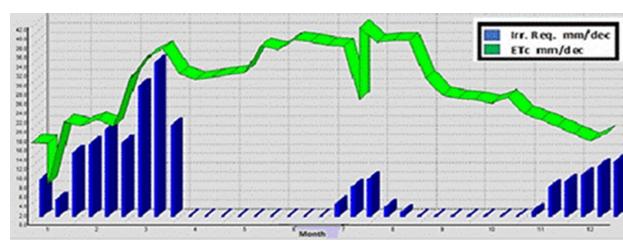


FIGURA 3. Requerimiento de agua para el cultivo de la piña. Año medio (2022).

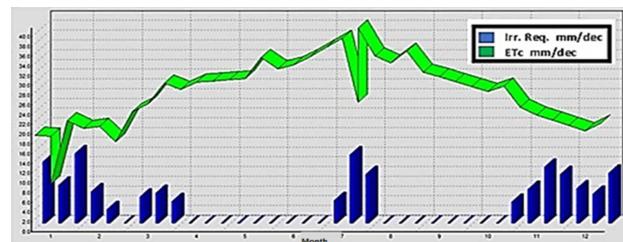


FIGURA 4. Requerimiento de agua para el cultivo de la piña. Año medio húmedo (2021).

mayores de necesidades de agua de riego en la medida en que la precipitación total se reduce; esto está relacionado no solo con la duración del ciclo (18 meses), sino también con la fisiología de este cultivo, el cual es capaz de aprovechar las mínimas precipitaciones y mantener un bajo nivel de consumo de agua (ETc < 2,5 mm/día) durante toda la etapa de desarrollo fisiológico (Bonet et al., 2012).

Durante los tres años de la serie 2020 - 2050 analizados (medio seco, medio, medio húmedo), los valores de ETo son

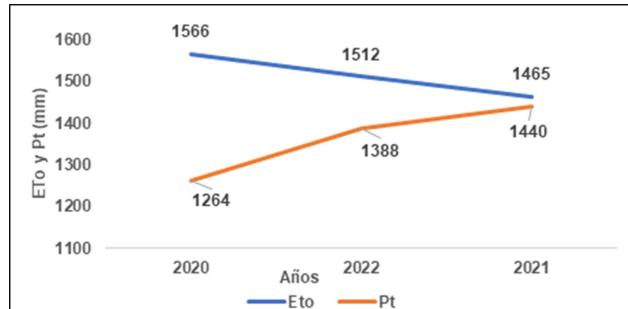
TABLA 4. Evapotranspiración de referencia y Precipitación efectiva

Año	ETo (mm)	P (mm)		Pe/Pt (%)	Pe/ETo (%)
		Pt	Pe		
Medio Seco	1565,7	1264	953,8	75,5	60,9
Medio	1512,3	1388	1012,2	72,9	66,9
Medio Húmedo	1464,7	1440	1069,0	74,2	72,9

TABLA 5. Norma de riego

Concepto	2020	2021	2022
Norma de riego bruta (mm)	1978,0	1875,2	1889,9
Norma de riego neta (mm)	1384,6	1312,6	1322,9

superiores a los valores de precipitación, presentándose la menor diferencia para los años analizados en el cultivo de la piña en el 2021 (medio húmedo) (Figura 5).

**FIGURA 5.** Relación Evapotranspiración (ETo)-Precipitaciones (Pt)

Se confirma la tendencia a la necesidad del riego de los cultivos de interés económico en nuestras condiciones, con independencia de las diferencias en cuanto a necesidades hídricas, ciclo del cultivo y efecto del agua sobre el rendimiento, lo cual está en correspondencia con lo reportado por Allen (1985, citado por Bonet et al. (2020). En la Tabla 6 se muestra el resumen de los indicadores de riego y la ETc para los años característicos.

Los resultados mostrados corresponden al 1er ciclo del cultivo; la ETc se mantiene en un rango entre 2,07 y 4,01 mm/día, siendo superiores a 3,00 mm/día a partir de la etapa de floración y formación del fruto, lo que se corresponde con reportes de riego del cultivo nacionales e internacionales (Ekern, 1965; N'Guessan, 1986; Malézieux, 1992; Almeida, 2001; Reinhardt et al., 2001 y Rodríguez et al., 2009, citados por Bonet et al. (2019).

Efecto del agua sobre el rendimiento

Con vistas a tener un valor de referencia, mediante el programa CROPWAT se valoró el posible efecto sobre el rendimiento por una reducción ligera de la norma de riego durante la etapa final de desarrollo del cultivo para los 3 años seleccionados (Tabla 7).

Para una ligera reducción de la norma de riego (2 %) durante la etapa final de desarrollo del cultivo, los valores de reducción del rendimiento resultan bajos (2,6 - 2,7 %), esto es debido a que el rendimiento de este cultivo está en gran medida definido a partir del desarrollo que ha alcanzado el mismo al llegar el momento de la floración; durante el inicio de la última etapa el nivel de humedad en el suelo tiene algún efecto en el desarrollo del fruto, en tanto al final de la misma influye básicamente en la calidad del jugo (relación brix/acidez) (Bonet et al., 2012). Tomando como referencia el rendimiento obtenido para tres ciclos de cosecha en el tratamiento de riego óptimo (102,2 t/ha), esto representaría una reducción de 2,76 t/ha para los años medio seco y medio respectivamente, y de 2,66 t/ha para el año medio húmedo, asumiendo que el factor de suministro de agua sea el único factor de afectación del rendimiento,

Esta afectación al rendimiento es relativa, por cuanto condiciones de estrés hídrico durante la etapa de desarrollo del cultivo retrasan el desarrollo fisiológico y condicionan que en el momento de la inducción floral el desarrollo vegetativo (masa foliar teórica) no sea adecuado, lo cual condiciona una afectación a los rendimientos. Mayores efectos sobre el rendimiento son de esperar si dicha reducción se produce durante todo el ciclo del cultivo, así como antes mayores valores de reducción de la norma de riego.

Los resultados confirman lo expresado por Bonet et al. (2020), respecto a que las características

TABLA 6. Comportamiento del riego y la evapotranspiración del cultivo

Parámetro	Año		
	Medio seco (2020)	Medio (2022)	Medio húmedo (2021)
Riego neto (mm)	1384	1323	1313
ETc (mm/día)	2,24 - 4,12	2,07 - 4,01	2,34 - 3,98

TABLA 7. Normas reducidas y su efecto en el rendimiento del cultivo

Año	Reducción de la norma de riego (%)	Reducción del rendimiento (%)
Medio seco (2020)	2	2,7
Medio (2022)		2,7
Medio húmedo (2021)		2,6

morfológicas y fisiológicas del cultivo de la piña le permiten bajo las condiciones climáticas características de Cuba garantizar determinados niveles de producción sin el empleo del riego o con la aplicación de niveles limitados de agua.

Las características pluviométricas del año (medio seco, medio, medio húmedo) no tienen un efecto marcado en la afectación al rendimiento a partir de la reducción de la norma de riego en la etapa final de desarrollo del cultivo, esto debe interpretarse como consecuencia de:

- La etapa final de desarrollo del cultivo tiene una duración de aproximadamente 6 meses, por tanto la lluvia anual no tiene necesariamente que ser significativa para el déficit de humedad en esa etapa
- El cultivo de la piña posee resistencia a la sequía y características fisiológicas que le permiten aprovechar las mínimas precipitaciones

En estudios realizados sobre las necesidades hídricas del cultivo de la piña (cv. Española roja) se encontró la relación entre el rendimiento del cultivo y el agua consumida, la Figura 6 muestra los resultados obtenidos, el valor del coeficiente de correlación lineal fue de 0,86 y el modelo potencial fue el de mejor ajuste con un coeficiente de determinación de 0,74 (Bonet et al., 2019).

Se estudió además el posible efecto del déficit hídrico en los resultados productivos, para lo cual se calcula la relación lineal entre la disminución relativa del rendimiento y el déficit relativo de evapotranspiración (Figura 7).

Según Bonet (2019), al planificar el riego a las plantaciones de piña debe tenerse en cuenta que puede sobrevivir durante largos períodos de sequía por sus características de aprovechar y acumular el agua, pero es muy sensible a la falta de agua durante los períodos de establecimiento, floración y desarrollo del fruto, cuando el tamaño de la fruta es determinado, necesitando en los mismos un buen abastecimiento de agua, pues a pesar de la alta resistencia a la sequía, los efectos sobre la morfología y el crecimiento de la planta son importantes, siendo el rendimiento significativamente reducido cuando la sequía es prolongada.

Reportes de estos autores confirman que en este cultivo la ETc está muy influida por el nivel de humedad del suelo, cuando la humedad es alta la ETc aumenta sensiblemente, cuando la humedad del suelo disminuye la planta utiliza mecanismos de protección y economiza el agua.

En las condiciones de suelo predominantes en las áreas dedicadas al cultivo en Ciego de Ávila han sido determinados coeficientes de estrés hídrico (K_s) de 0,75; 0,50 y 0,25 para niveles de estrés hídrico de 75, 70 y 65 % CC respectivamente con el cultivar española roja; los resultados confirman que la piña es capaz de aprovechar muy eficientemente el agua disponible (Bonet et al., 2012).

Los resultados indican que, con relativa certeza, se debe esperar a futuro un aumento de los requerimientos de riego en relación a las normas que se aplican en la actualidad según la Resolución 17/2020 del Instituto Nacional

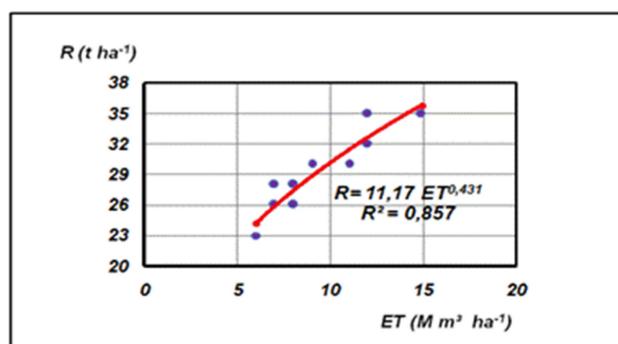


FIGURA 6. Rendimiento (R) y evapotranspiración (ET) (Bonet et al., 2012).

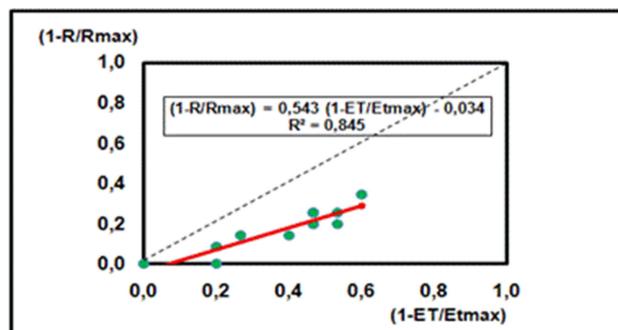


FIGURA 7. Rendimiento (R) y agua aplicada por riego (I) (Bonet et al., 2012).

de Recursos Hidráulicos GOC-2020-557-061(2020), información que contribuirá a minimizar la afectación a los rendimientos agrícolas en condiciones de limitaciones en el suministro de agua.

La importancia técnica de los estudios y su efecto económico están relacionados con el comportamiento de los requerimientos hídricos a futuro del cultivo de la piña hacia el 2050 radica en que brindan la información necesaria para la planificación del agua en la zona central del país, lo cual permitirá establecer las estrategias adecuadas para la programación del riego. Se brinda información técnicamente fundamentada sobre las necesidades hídricas del cultivo de la piña a futuro en la provincia Ciego de Ávila a partir de variaciones previstas del clima, y su posible efecto en los rendimientos.

CONCLUSIONES

- Las condiciones cambiantes del clima a futuro determinarán un aumento de la norma de riego del cultivo de la piña (cv. Española roja) en la provincia Ciego de Ávila en relación a los parámetros establecidos en la Resolución 17/2020 del INRH (INRH, 2020).
- Los resultados obtenidos ofrecen las herramientas necesarias para la realización de estrategias de manejo del riego en el cultivo de la piña en Ciego de Ávila que permitan la obtención de los mejores resultados productivos ante las condiciones que impone el Cambio Climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agramonte, A. A. N., Pérez, A. Y., Fonseca, R. R., Vidal, B. Y., Urquía, L. A., Bonet, P. C., Rodríguez, C. D., & Mola, F. B. (2022). Comportamiento de la sequía agrícola en el municipio de Jimaguayú. *Revista Ingeniería Agrícola*, 12(4), 19-26, ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- Bonet, P. C. (2019). *El riego de la piña: Resumen de investigaciones realizadas en Cuba*. Editorial Académica Española, España.
- Bonet, P. C., Brown, M. O., Guerrero, P. P., González, R. F., & Hernández, C. G. (2012). Efecto del agua sobre el rendimiento en el cultivo de la piña. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(4), 8-13, ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- Bonet, P. C., Guerrero, P. P., Rodríguez, C. D., Avilés, M. G., & Mola, F. B. (2020). Evaluación económica de la respuesta del cultivo de la piña (Ananascomosus L. Merr) al riego. *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(1), 3-7, ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- Bonet, P. C., Moreno, G. H., Guerrero, P. P., Vidal, G. R., Rodríguez, C. D., Fernández, E., Mola, F. B., & Puente, B. F. R. (2019). Eficiencia de conducción de sistemas de riego en empresas arroceras. *Revista Ingeniería Agrícola*, 9(4), 13-17, ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- CEPAL. (2015). *Cambio climático y degradación de las tierras: Acercar los conocimientos a las partes interesadas*. 3a Conferencia Científica de la CNULD. 9-12 de marzo 2015, Cancún, México., Cancún, México.
- Díaz, P. Y., Villalobos, P. M., González, R. F., & Herrera, P. J. (2018). Validación del modelo AquaCrop en maíz (Zea mays L.) y sorgo (Sorghum vulgare L. Monech). *Ingeniería Agrícola*, 8(2), ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- Duarte, D. C., Herrera, P. J., & Zamora, H. E. (2017). Predicción de las normas netas de riego a futuro en el pronóstico de riego. *Ingeniería Agrícola*, 7(3), 3-10, ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- FAO. (2015). *El cambio climático, el agua y la seguridad alimentaria* [Trabajo de la FAO sobre el Cambio Climático]. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Roma, Italia.
- Galindo, L., Samanieg, J., Alaorre, J., & Ferre, J. (2014). *Procesos de adaptación al cambio climático*. Análisis de América Latina.
- GOC-2020-557-061. (2020). Resolución 17/2020 del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, 61, ISSN: 1682-7511, Publicado en la Gaceta Oficial de la República de Cuba No. 61 Ordinaria de 20 de agosto de 2020.
- Hervis, G. G., Geler, R. T., Díaz, G. R., Amestoy, A. I., & Cretaz, E. (2018). *El modelo WEAP: una herramienta para la planificación hidrológica en la adaptación al cambio climático*. 40-47, ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de 40-47, Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- López, F. A. (2015). *Cambio climático y actividades agropecuarias en América Latina. 2015*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Pérez, D. Y., Herrera, P. J., & González, R. F. (2016). Estimación de los requerimientos de agua del sorgo (Sorghum vulgare L. Monech) en la región Los Palacios en Cuba. *Ingeniería Agrícola*, 6(4), 3-10, ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- Planos, G. E. (2019). *Sobre la adaptación al cambio climático* (Colección Entendiendo el cambio climático). Editorial AMA, La Habana, Cuba.
- Rodríguez, C. D., Bonet, P. C., Guerrero, P. P., Mola, F. B., Avilés, M. G., & Martínez, D. C. (2022). Productividad del agua de riego en el cultivo del frijol en condiciones de producción. *Revista Ingeniería Agrícola*, 12(3), 62-67, ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- Rodríguez, C. D., Bonet, P. C., Mola, F. B., Guerrero, P. P., Martínez, D. C., & Machado, C. M. (2022). Estrategias de riego deficitario controlado para el cultivo del frijol. *Revista Ingeniería Agrícola*, 12(1), 54-58, ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- UNESCO. (2015). *Aguas subterráneas y Cambio Climático*. UNESCO, Pequeños estados insulares en desarrollo.

Camilo Bonet-Pérez. Dr.C., Inv. Ministerio de la Agricultura, filial IAgriC, Camagüey. Teléfono: (53) 6917595, 32 252305 32 282013 (Ext. 163).

Bárbara Mola-Fines. MSc., Inv., Ministerio de la Agricultura, filial IAgriC, Camagüey. (32-291926), e-mail: esp.ext.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu.

Dania Rodríguez Correa. MSc., Inv., Ministerio de la Agricultura, filial IAgriC, Camagüey, Cuba. Teléfono: (53) 6917595, 32 252305 32 282013 (Ext. 163), e-mail: esp.ext.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu.

Pedro A. Guerrero-Posada. MSc., Inv. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), filial Camagüey, Cuba. Teléfono: (53) 6917595 32 252305 32 282013 (Ext. 163), e-mail: esp.ext.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu

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