

RIEGO Y DRENAJE

ARTÍCULO ORIGINAL



<https://eqrcode.co/a/aHREbH>

Predicción de normas netas de riego del sorgo en la zona occidental de Cuba

Prediction of Net Irrigation Norms for Sorghum in Western Cuba

Ing. Martha Isabel Moinelo-Lavastida[†], Dr.C Carmen E. Duarte-Díaz[†], MSc. Elisa Zamora-Herrera[†], Dr.C Julián Herrera-Puebla[†], MSc. Ranses J. Vázquez-Montenegro^{††}

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

^{††} Instituto de Meteorología. Regla, La Habana. Cuba.

RESUMEN. El presente trabajo tuvo como objetivo la estimación de las normas netas de riego del cultivo del sorgo (*Sorghum vulgare L. Monech*) según la variabilidad y el cambio climático en el periodo 2020-2050. Se utilizó como herramienta el programa CROPWAT. Los datos climáticos para el estudio se tomaron del Instituto de Meteorología usando como referencia los datos mensuales de los nuevos escenarios a nivel regional y global. Se obtuvo como resultado que en ambos escenarios existen diferencias tales que en el escenario RCP 4.5 la evapotranspiración de referencia estuvo por encima de las precipitaciones, lo que indica que es necesario el riego, a pesar de la incertidumbre que podría tener el análisis empleado en la estimación de la ET_o y los valores específicos de las precipitaciones en el balance hídrico. Sin embargo, en el escenario A1b del modelo Echam 5 la ET_o estuvo por debajo de las precipitaciones exceptuando los años 2037, 2040 y 2050, probablemente definido por las variables de cálculo de la ET_o a nivel global, donde las precipitaciones parecen tener otra secuencia y debe considerarse como una alerta temprana para el manejo hídrico de los suelos y cultivos ante el cambio climático. En cuanto a la predicción de las normas netas se apreció que las mismas tienen valores por encima de las que hoy se utilizan para el cultivo ($2300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) ya que se estimaron como media entre $5076 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para RCP 4.5 y $5417 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para el Echam 5A1b, con incrementos de 120% y 135%, respectivamente.

Palabras clave: estimación, variabilidad, cambio climático, riego.

ABSTRACT. The objective of the work was to estimate the net norms of irrigation of the sorghum crop (*Sorghum vulgare L. Monech*) according to the variability and climate change in the period 2020-2050. The Cropwat program was used as a tool. The climatic data for the study were taken from the Institute of Meteorology using as reference the monthly data of the new regional and global scenarios. It was obtained as a result that in both scenarios there are differences such that in the RCP 4.5 scenario the reference evapotranspiration was above the rainfall, which indicates that irrigation is necessary, despite the uncertainty that the analysis used in the estimation of ET_o and specific values of rainfall in the water balance. However, in scenario A1b of the Echam 5 model, ET_o was below rainfall except for the years 2037, 2040 and 2050, probably defined by the variables for calculating ET_o at the global level, where rainfall seems to have another sequence and should be considered as an early warning for the water management of soils and crops in the face of climate change. Regarding the prediction of the net norms, it was appreciated that they have values above those used today for the crops ($2300 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) since they were estimated as an average between $5076 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ for RCP 4.5 and $5417 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ for Echam 5A1b, with increases of 120 % and 135 %, respectively.

Keywords: Estimation, Variability, Climate Change, Irrigation.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso inapreciable y limitado, aunque parece abundante, por cubrir tres cuartas partes de la superficie de la

tierra, solo una pequeña porción de agua dulce es aprovechable. Del total aprovechable casi el 70% es utilizada en la producción de alimentos (Roque *et al.*, 2006).

[†] Autora para correspondencia: Martha Isabel Moinelo-Lavastida, e-mail: martha.moinelo@boyeros.iagric.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5979-2127>

Recibido: 06/01/2021.

Aprobado: 19/04/2021.

La producción mundial de alimentos depende del agua, no solo en forma de precipitación, sino también, en forma de recursos hídricos para el riego. De hecho, las tierras de regadíos, que se presentan solo un 18% de las áreas cultivables en el mundo, producen 1000 millones de toneladas de cereales al año, que representan aproximadamente la mitad del suministro total mundial; ello se debe a que los cultivos de regadío producen, en promedio, entre dos y tres veces más que los cultivos dependientes de la lluvia (Bates *et al.*, 2008).

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos según Acosta y Holzman (2015), como entidad rectora del agua en Cuba, tiene la responsabilidad de realizar el balance de agua como un instrumento de planificación para medir la eficiencia en el consumo estatal y privado, según la disponibilidad del recurso, a partir, de lo previsto en el lineamiento 300 de la Política Económica y Social de Partido y la Revolución.

Un análisis de la demanda de agua asignada para las actividades agrícolas del Ministerio de la Agricultura (Minag) de Cuba en el periodo comprendido entre el 2007 y el 2010 reflejó que en el 2007 el agua total asignada para las actividades agrícolas del Minag constituía el 36% del total del país mientras que ya en el 2010 y 2011 este porcentaje asciende a 44 y 47% respectivamente (Acosta y Holzman, 2015).

En Cuba, el riego es un factor potenciador de los rendimientos ya que la distribución no homogénea de las precipitaciones imponen un periodo seco en el año (de noviembre a abril) donde solo ocurre como media el 23% de la precipitación anual según Rodríguez (2006) y este periodo coincide con el óptimo para el crecimiento y desarrollo de la mayoría de los cultivos agrícolas fundamentalmente de ciclo corto, además es conocido que la agricultura bajo riego en Cuba puede llegar a incrementar entre un 15 y 50% en las áreas de secano, cuestión importante para la contribución a la seguridad alimentaria (Duarte *et al.*, 2015).

Resulta de gran utilidad para estos estudios los Modelos Climáticos como herramienta para explorar la posible evolución futura del clima, derivados de los escenarios de posibles emisiones de gases de efecto invernadero según Centella (2017), los cuales describen un estado probable del sistema climático ante uno o más tipos de forzamientos, según los expertos de cambio climático los escenarios RCP son un instrumento básico para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras de gases de efecto invernadero.

La utilización de programas de cómputos como el CROPWAT, para la modelación de los sistemas agrícolas permiten calcular las normas netas de riego para la zona occidental de Cuba durante el período 2020-2050, en función de los pronósticos de variabilidad climática en el país que sean capaces de suplir las necesidades hídricas del sorgo, con la utilización de los datos climáticos del Instituto de Meteorología, tomando como referencia los nuevos escenarios de emisiones para el cambio climático que se han definido en el quinto informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Camino *et al.* (2014) y forman parte de la familia denominada Vías de Concentración Representativa (RCP por sus siglas en inglés).

Las cuatro trayectorias RCP comprenden un escenario en el que los esfuerzos en mitigación conducen a un nivel de

forzamiento muy bajo (RCP 2.6), 2 escenarios de estabilización (RCP 4.5 y RCP 6.0) y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de GEI (RCP 8.5). Estos pueden contemplar los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XX frente a los escenarios de emisión utilizados en el IPCC (2007) (denominados SRES, por sus siglas en inglés) que no contemplaban los efectos de las posibles políticas o acuerdos internacionales tendentes a mitigar las emisiones.

Como parte de los trabajos realizados en el área de investigación del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, en apoyo a la toma de decisiones en el sector de los recursos hídricos y la agricultura, el presente trabajo tiene como objetivo determinar las normas netas de riego a futuro del sorgo en la zona occidental de Cuba teniendo en cuenta dos escenarios en función de la variabilidad y cambio climático hasta el 2050.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en la zona occidental de Cuba. Los datos de la base experimental de suelo y cultivo se tomaron de la Estación Experimental de Ingeniería Agrícola, en Alquizar. El trabajo abarcó el periodo del 2020 al 2050, teniendo en cuenta la disponibilidad de los datos climáticos de los nuevos escenarios RCP (Trayectoria de Concentración Representativa).

Para la zona de estudio occidental se tuvo en cuenta las características climáticas del área experimental de Alquizar, provincia Artemisa, donde se hicieron las investigaciones de campo, tomando como referencia la estación meteorológica de Güira de Melena. Tiene como coordenadas geográficas 22,68° latitud norte y 82,58° longitud oeste, a una altura de seis metros sobre el nivel del mar. Las temperaturas en la zona son del orden de los 23 hasta los 30°C con una temperatura media anual que oscila entre los 23 a 25 °C, asociada por la presencia de un relieve totalmente llano. Los suelos que predominan en la zona son Ferralíticos Rojos con textura arcillosa del tipo 1:1 con un buen drenaje en general, además una porosidad elevada, un peso específico que fluctúa alrededor de los 2,7 g cm⁻³ y la capacidad de campo sobre la base del suelo seco es de 33,9%, mientras que la densidad aparente es de 1,06 gcm⁻³ (Herrera *et al.*, 2018).

La velocidad de infiltración oscila desde media a alta, registrándose como máxima tasa de infiltración básica la lluvia 50 mm día según (Cid *et al.*, 2012). En general se puede decir que son suelos de buena estructura y muy productivos. Los estudios que se presentan en el documento pueden considerarse como representativos de toda la región occidental según estudios realizados por Planos *et al.* (2012).

Para determinar los requerimientos hídricos a futuro del cultivo del sorgo se utilizó el programa CROPWAT de Allen *et al.* (2006), versión 8.0, donde se utilizaron variables de cultivo y suelo a futuro a partir de las investigaciones en la zona.

El balance hídrico se estableció entre los meses de noviembre a abril, que corresponde al período poco lluvioso del año según Rodríguez (2006), coincidente con la campaña de riego. Se estimó la Evapotranspiración de referencia (ET₀) mediante la ecuación FAO-Penman-Monteith, la Evapotranspiración del cultivo (ET_c) con el método del Coeficiente Único del Cultivo Allen *et al.* (2006), la precipitación efectiva de acuerdo al mé-

todo de USDA ya que este es el más recomendado por la FAO según Allen (2006).

Las variables climáticas para el cálculo de la evapotranspiración de referencia, son las representativas de las coordenadas 22,50° latitud norte y 82,00° longitud oeste, como la más cercana a las coordenadas geográficas.

Se seleccionó el escenario RCP 4.5 (Trayectoria de Concentración Representativa 4.5), modelado y caracterizado agroclimáticamente según proyecciones futuras para los municipios de Cuba por Vázquez (2019), considerado como un escenario medio o equilibrado entre las fuentes fósiles y no fósiles y desestabilización que puede contemplar los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XX, frente a los escenarios SRES. El cual se comparó con el escenario Echam 5A1b recomendado por IPCC 2000 y Centella (2017) y se considera como un perfil moderado dentro de los SRES según Bezanilla *et al.* (2016).

Para el estudio se empleó el cultivo sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*), tolerante a la sequía y se adapta bien a las condiciones de Cuba según Herrera *et al.* (2018).

En el programa CROPWAT (versión 8.0), se introdujeron los siguientes datos obtenidos por Herrera *et al.* (2018):

- El ciclo vegetativo de este cultivo es de 95 días (15 días etapa inicial, 21 días etapa de desarrollo, 35 días etapa intermedia y 24 días etapa final), el día de inicio de la siembra es el 13 de diciembre.

- La profundidad radicular máxima del cultivo es de 40 cm.
- La altura de cultivo es de 2 m
- El umbral de riego para todas las etapas de desarrollo fue de 45%.
- La eficiencia del sistema de riego es del 80%.
- Se usó un coeficiente de cultivo (K_c) para la etapa inicial de 0,40, para la etapa intermedia de 1,70 y para la etapa final de 0,80.
- El coeficiente de respuesta sobre el rendimiento (K_y) en el periodo vegetativo utilizado fue de 0,20, en el periodo de floración de 0,50, en el periodo de formación del fruto de 0,45, en el periodo de maduración de 0,20 y el total de 0,90.
- La profundidad del suelo es de un metro.
- El punto de marchitez permanente (PMP) es de 22,8%.
- La capacidad de campo del suelo es de 33,9%.
- La densidad aparente es de 1,06 g cm⁻³.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del análisis se pudo evaluar el comportamiento del año representado por el período de siembra óptima del sorgo (diciembre-abril) para las variables ET_0 y precipitaciones.

En la Figura 1 se aprecian los valores de la evapotranspiración de referencia para el periodo 2020-2050 en la zona occidental en el escenario RCP 4.5 cuyo rango de valores oscila entre 38,3 y 47,8 mm/decenas (valor mínimo y máximo respectivamente).

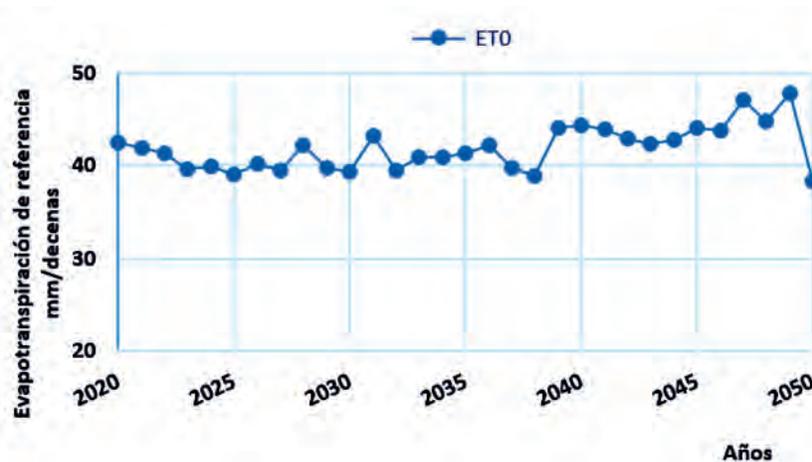


FIGURA 1. Evolución de la evapotranspiración de referencia para la zona occidental en el periodo 2020- 2050.

Los resultados mostrados en la Figura 1 se encuentran por encima de los obtenidos por Valdés (2017) en su análisis de la misma zona occidental cuyo rango de valores de ET_0 es de 2,00–2,58 mm/día, cuyos datos de orígenes fueron los del escenario A2 del Echam 4 del modelo Regional PRECIS. Con independencia de que la utilización de los RCP 4.5 en éste trabajo, son los que mejores califican las condiciones futuras del clima cubano según Centella, 2017 y Vázquez (2019); se aprecia que aún para el escenario medio los valores de la evapotranspiración de referencia estimada en el programa CROPWAT, exceden a los obtenidos con el escenario A2 y B2 que son más agresivos y el medio dentro de la familia de escenarios que prácticamente se usaban recomendados por Nakicenovic et al. (2003).

Comparación entre la Evapotranspiración de referencia calculada para el escenario RCP 4.5 y el A1b de los SRES del modelo Echam 5 para igual zona

Se comparan en la Figura 2 las trayectorias de la ET_0 calculada a partir de las variables climáticas de los escenarios climáticos de los RCP 4.5 y A1b de los SRES considerados los que mejor cualifican las condiciones futuras del clima cubano según Centella

(2017 y Vázquez (2019). Ambos representan un mundo de clima cambiante equilibrado, aunque a nivel regional y el otro global. Con estas nuevas adiciones de RCP, disminuyen las incertidumbres asociadas a la generación de escenarios de cambio climático.

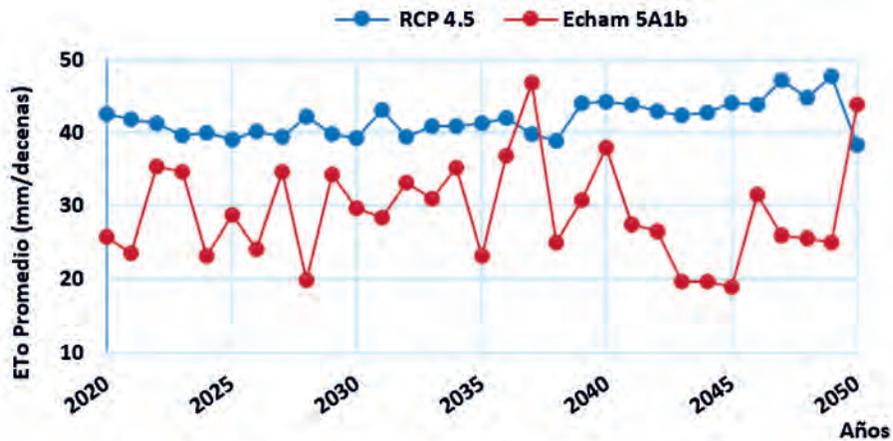


FIGURA 2. Evapotranspiración de referencia para los escenarios RCP 4.5 y Echam 5A1b en la zona occidental de Cuba.

En los 30 años de estudio la tendencia es que la ET_0 para RCP 4.5 tendrá un valor total de 1297,5 mm y 41,8 mm/decenas como promedio y si se realiza un análisis año a año se aprecia que el 93% de estos, sobrepasa a la ET_0 de Echam 5A1b, la cual posee similar comportamiento, pero de 906,9 mm y 29,2 mm/decenas como promedio. Tal resultado podría deberse a que las variables de los RCP al ser tomadas de forma regional son específicas del lugar de estudio y posiblemente más reales al no estar sometidas a un conjunto globalizado.

Se establece una diferencia de 30% de las pérdidas de agua por demanda evaporativa de la atmósfera proporcionada por la ET_0 del RCP 4.5, en relación con la ET_0 -Echam 5A1b. Esto sucede porque los valores de la evapotranspiración de referencia del escenario RCP 4.5 son mayores con respecto al escenario Echam 5A1b.

Resultados similares fueron obtenidos por Duarte *et al.* (2018) en trabajos realizados en la misma zona para el cultivo del frijol, donde se evidencia que el clima está sufriendo modificaciones que apuntan hacia la aparición de los efectos de un cambio climático global según las proyecciones de los escenarios RCP 4.5 y Echam 5A1b. Se presentará un clima cada vez más árido provocado por el incremento de las temperaturas y la

disminución de las precipitaciones lo que conlleva el aumento de la evapotranspiración de referencia.

En las Figuras 3 y 4 se analiza la relación entre la evapotranspiración de referencia y las precipitaciones para cada escenario estudiado, con vistas a evaluar si éstas últimas serán capaces de suplir la demanda evaporativa de la atmósfera y aportar lo suficiente para el desarrollo del cultivo de sorgo, y además, conocer la disponibilidad de agua con que se cuenta para establecer el manejo hídrico más adecuado sin afectar la producción del grano.

Relación entre la evapotranspiración de referencia y las precipitaciones para el periodo 2020-2050 en la zona occidental en el escenario RCP 4.5

La Figura 3, muestra la tendencia entre el año 2020 y el 2050 en el comportamiento entre la evapotranspiración de referencia y las precipitaciones evaluadas año a año en el escenario RCP 4.5. Se aprecia que la ET_0 para todos los años se encuentra por encima de la curva precipitación, lo cual es indicativo de que las precipitaciones ocurridas no cubrirán las demandas climáticas, constituyendo un riesgo a nivel local para la agricultura futura, de acuerdo a los niveles crecientes del clima cambiante.

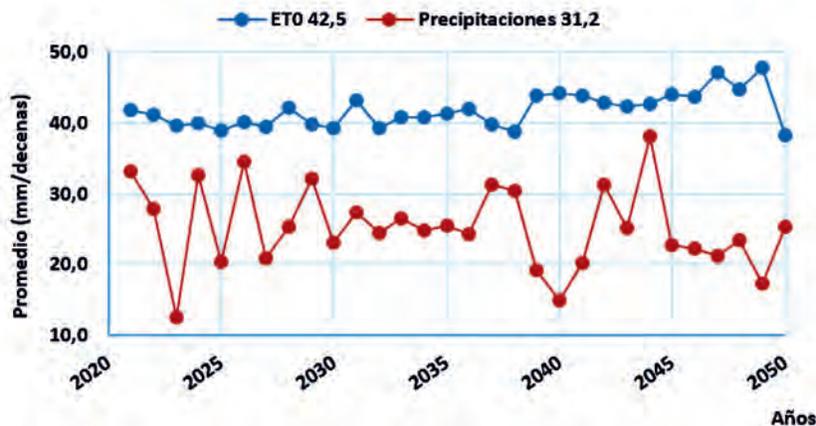


FIGURA 3. Relación entre la evapotranspiración de referencia y precipitaciones en escenario RCP 4.5 para periodo 2020-2050.

Las precipitaciones se mantienen en un rango de 12,5 y 38,1 mm/decenas como valor mínimo y máximo respectivamente durante todo el período evaluado. Se demuestra que será indispensable suplir las deficiencias hídricas con el riego, de forma eficiente en cuanto al volumen aplicado, así como en cuanto al sistema de riego utilizado dada la poca disponibilidad de agua que se tendrá.

Relación entre la evapotranspiración de referencia y las precipitaciones para el periodo 2020-2050 en la zona occidental en el escenario A1b de los SRES del modelo Ecam 5

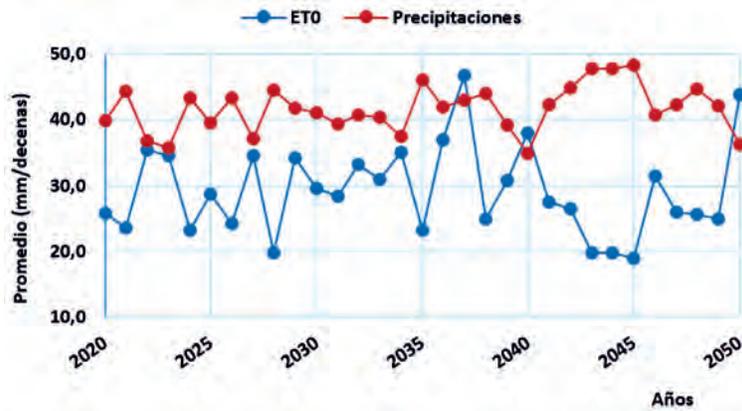


FIGURA 4. Relación entre la evapotranspiración de referencia y precipitaciones en Ecam5A1b para periodo 2020-2050.

Diferente comportamiento se observó en la Figura 4, en la que se presentan los resultados de la evapotranspiración de referencia y las precipitaciones según información del escenario Ecam5A1b evaluadas año a año.

Se aprecia que la ET_0 -Ecam 5A1b para casi todos los años se encuentra por debajo de la curva precipitación, lo que indica que, con excepción de los años 2037, 2040 y 2050 representando el 9,6 % de los 30 años analizados no representa un aporte hídrico que supere la demanda climática.

Las precipitaciones se mantienen en un rango de 34,9 y 48,3 mm/decenas como valor mínimo y máximo, respectivamente.

La Figura 5 muestra las normas netas de riego estimadas para el cultivo del sorgo en cada escenario climático. Se aprecia que en el escenario RCP 4.5 la norma neta oscila entre un mínimo de 3983 $m^3 ha^{-1}$ y un máximo de 5076 $m^3 ha^{-1}$ y en el escenario Ecam 5A1b las normas fluctúan entre 3255 $m^3 ha^{-1}$ y 5417 $m^3 ha^{-1}$ para el periodo 2020 al 2050 a corto y mediano plazo.

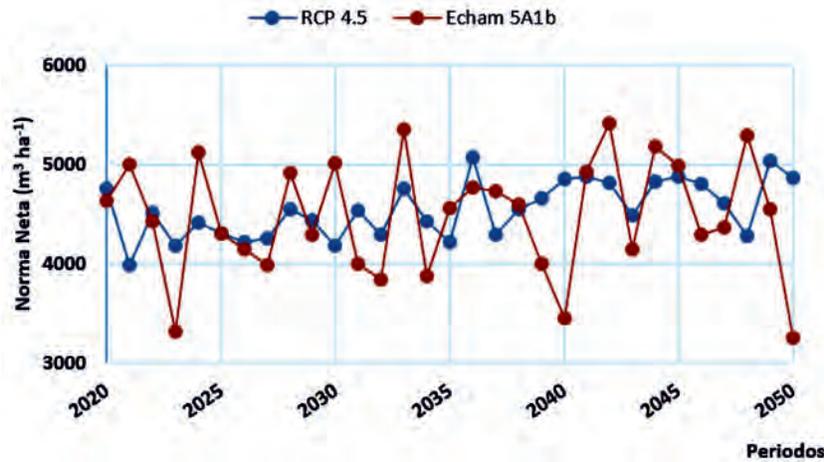


FIGURA 5. Normas netas de riego del sorgo estimadas en los escenarios RCP 4.5 y Ecam 5A1b.

El comportamiento a tener en cuenta con la estimación de las normas netas del sorgo año a año difiere de las normas netas actuales para la zona occidental, la cual es del orden de los 2300 $m^3 ha^{-1}$, lo que permitirá predecir que la tendencia a que los años sean cada vez más secos aumentará la norma neta en más de 1000 mm con respecto a lo que actualmente se utiliza con incrementos de 120 y 135%. En sentido general es preciso considerar estos resultados para tener en cuenta con qué volumen de agua se va a disponer para establecer los manejos hídricos

adaptativos más convenientes que garanticen la producción de sorgo en los próximos años.

CONCLUSIONES

- La predicción de las normas netas de riego en el período 2020-2050, para el cultivo de sorgo sembrado en la zona occidental, permite definir que oscilarán entre 3983 – 5076 $m^3 ha^{-1}$ para su estimación en el escenario RCP 4.5 y entre 3255-5417 $m^3 ha^{-1}$

- para el escenario Echam 5A1b, las que se incrementan entre 120 y 135% en relación a las que actualmente se utilizan.
- La evapotranspiración de referencia estimada para el escenario RCP 4.5 se incrementa todos los años en el periodo evaluado por tanto, es necesario suplir las deficiencias hídricas con el riego mientras que en el escenario Echam 5A1b no se evidencia un aporte hídrico que supere la demanda climática, con excepción de los años 2037, 2040 y 2050 que representan el 9,6% de los 30 años analizados.
- Las normas netas de riego estimadas para el cultivo de sorgo de la zona occidental necesitarán un manejo hídrico adaptativo por las diferencias estimadas en más del 100% con respecto a la norma de riego actual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, G.O.; HOLZMAN, M.: *Boletín hidrológico web| Número 15*, Inst. Instituto Nacional de Recursos Hidráulico, La Habana, Cuba, 2015.
- ALLEN, G.R.: *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, Ed. Food & Agriculture Org. (FAO), vol. 56, 2006, ISBN: 92-5-304219-2.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M.: "Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos", *Food & Agriculture Org.*, 298(0), 2006.
- BATES, B.; KUNDZEWICZ, Z.W.; WU, S.; PALUTIKOF, J.: *Climate Change and Water.*, Inst. IPCC Secretariat, Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 210 p., 2008.
- BEZANILLA, A.; CENTELLA, A.; ROQUE, A.; BORRAJERO, I.; DÍAZ, Y.: *Generación de escenarios climáticos a futuro de Alta resolución sobre Cuba, el Caribe y territorios adyacente*, Inst. Instituto de Meteorología (INSMET), La Habana, Cuba, 2016.
- CAMINO, R.E.; RUGGERONI, P.J.R.; HERNÁNDEZ, H.F.: "Quinto informe de evaluación del IPCC: Bases físicas", *Revista Tiempo y Clima*, 5(43), 2014, ISSN: 2340-6631.
- CENTELLA, A.: *La estimación del clima futuro y los escenarios climáticos, Parte 1 y 2*, Instituto de Meteorología (INSMET), La Habana, Cuba, 2017.
- CID, L.G.; LÓPEZ, S.T.; GONZÁLEZ, R.; GARCÍA, P.J.D.; RUIZ, P.M.E.: "Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba", *Revista Ingeniería Agrícola*, 2(2): 25-31, 2012, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- DUARTE, D.C.; HERRERA, P.J.; LÓPEZ, S.T.; GONZÁLEZ, R.F.; ZAMORA, E.: "Nuevas normas netas de riego para los cultivos agrícolas en Cuba", *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(4): 46-51, 2015, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- DUARTE, D.C.; VALDÉS, P.J.; HERRERA, P.J.; ZAMORA, E.: "Predicción de normas netas de riego del frijol común en la zona occidental de Cuba", *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(2): 41-47, 2018, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- HERRERA, P.J.; GONZÁLEZ, R.F.; DÍAZ, P.Y.: "Consumo de agua y coeficientes de cultivo en el sorgo de grano (*Sorghum vulgare* L. Moench)", *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(3): 25-30, 2018, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- IPCC: *Escenarios de emisiones*, Inst. IPCC, Informe especial del IPCC, Ginebra. Suiza, 2000.
- IPCC: *Climate Change The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]*, Inst. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, US, 2007.
- NAKICENOVIC, A.N.; GRÜBLER, S.; GAFFIN, T.T.; JUNG, T.; KRAM, T.; MORITA, H.; PITHER, K.; RIAHI, M.; SCHLESINGER, P.R.; SHUKLA, D.; VAN VUUREN, G.; DAVIS, L.; MICHAELIS, R.; SWART, N.; VICTOR, N.: "IPCC SRES revisited: A response.", *Energy and Environmental Science*, 14(2-3): 187-214, 2003, ISSN: 1754-5692, e-ISSN: 1754-5706.
- PLANOS, E.O.; RIVERO, R.; GUEVARA, V.: "Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba", *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 2012, ISSN: 2304-0106.
- RODRÍGUEZ, R.: "Nuevos logros en el estudio de la pluviosidad en Cuba Mapa Isoyético para el período 1961-2000", *Voluntad Hidráulica*, 98: 2-14, 2006, ISSN: 2227-8761.
- ROQUE, R.R.; ALEMÁN, C.; ROVIROSA, N.: "Uso de las máquinas de pivote central en el riego con aguas residuales", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(1): 47-50, 2006, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- VALDÉS, V.P.J.: *Predicción de las normas netas del riego del cultivo de frijol común en la zona occidental de Cuba*, Universidad Agraria de La Habana, Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrícola, San Jose de las Lajas, Mayabeque. Cuba, 2017.
- VÁZQUEZ, R.J.: *Modelación y caracterización agroclimática según proyecciones futuras para los municipios*, Inst. Instituto de Meteorología, BASAL, La Habana, Cuba, 2019.
- Martha Isabel Moimelo-Lavastida*, Investigadora, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric). Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: martha.moimelo@boyeros.iagric.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5979-2127>
- Carmen E. Duarte-Díaz*, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric). Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: carmen.duarte@boyeros.iagric.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7887-6289>
- Elisa Zamora-Herrera*, Especialista, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric). Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: elisa.zamora@boyeros.iagric.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6840-5085>
- Julián Herrera-Puebla*, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric). Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: julian.herrera@boyeros.iagric.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1015-6661>
- Ranses J. Vázquez-Montenegro*, Investigador, Instituto de Meteorología (INSMET), Regla, La Habana, Cuba, e-mail: ranses.vazquez@insmet.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9324-4850>

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.