

RIEGO Y DRENAJE

ARTÍCULO ORIGINAL

Predicción de las normas netas de riego a futuro en el pronóstico de riego

Prediction of the net irrigation norms to future in the irrigation presage

Dr.C. Carmen E. Duarte-Díaz, Dr.C. Julián Herrera-Puebla, M.Sc. Elisa Zamora-Herrera

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

RESUMEN. En el presente trabajo se propuso como objetivo estimar los requerimientos de riego a futuro de algunos cultivos de interés agrícola de la zona occidental de Cuba para ajustar las normas netas de los cultivos tomate, ajo, lechuga y maíz en función la incidencia de la variabilidad y el cambio climático en Cuba y, a través de la utilización del CROPWAT como herramienta computacional de modelación de los sistemas agrícolas y de modelo regional climático PRECIS, Echan A2, que facilitan la precisión de las normas hacia períodos posteriores (2018 y 2050) para crear las alternativas que se requieran y lograr un correcto uso eficiente del recurso agua en virtud de la disponibilidad que se tenga. Los resultados indicaron que se espera un aumento en la evapotranspiración de referencia y la reducción en las precipitaciones ajustada a una ecuación logarítmica, lo que provocará un aumento de las normas netas del 5% en el tomate HC 3880, 14% en el ajo vietnamita, 19% en lechuga BSS y 8% en maíz T66, lo que indicará en lo sucesivo la aplicación de un manejo adaptativo en el pronóstico de riego

Palabras clave: variabilidad y cambio climático, cultivos de interés agrícola.

ABSTRACT. In present work the net norms of the crops tomato, garlic, lettuce and corn are adjusted in function the incidence of the variability and the climatic change in Cuba, in that case it intended as objective to estimate the irrigations requirements to future of these crops of agricultural interest in the western area of Cuba, through the use of tools computations of modelation of the agricultural systems and of climatic regional model, that situation facilitate the precision of the norms toward later periods (2030 and 2050), to create the alternatives that are required and to achieve a correct efficient use of the disponibility water resource by virtue of the readiness that one has. The results indicated that one waits an increase in the reference evapotranspiration and the reduction in the precipitations what will cause an increase of the net norms of 5% in the tomato HC 3880, 14% in the Vietnamese garlic, 19% in lettuce BSS and 8% in corn T66, what will indicate in the successive thing the application of a handling adaptation in the watering presage

Keywords: Variability and climate change, crops of agricultural interest.

INTRODUCCIÓN

Cuba es un archipiélago, que por su situación geográfica y su forma alargada, enfrenta un gran peligro de desastres naturales, provocados fundamentalmente por eventos hidrometeorológicos extremos, (Centella *et al.*, 2001; Planos *et al.*, 2012).

Según plantea Planos *et al.* (2012), sobre las manifestaciones del cambio climático en Cuba, se tendrá que contar con las siguientes afirmaciones para el establecimiento de un sistema de adaptación

- Los cambios de la cantidad y calidad del agua por efecto del cambio climático afectarían a la disponibilidad, la es-

tabilidad, la accesibilidad y la utilización de los alimentos.

- Las prácticas de gestión hídrica actuales pueden no ser suficientemente sólidas para contrarrestar los efectos del cambio climático.
- El cambio climático desafía la hipótesis tradicional de que la experiencia hidrológica del pasado es un antecedente adecuado para las condiciones futuras.
- Existen lagunas de información tanto en términos de observaciones como de necesidades de investigación en relación con el cambio climático y el agua.

Estas aseveraciones indican que se conozcan los riesgos por los que se transita y la necesidad de crear condiciones para la adaptación en los sistemas naturales, del ambiente y social para convivir con ello.

Por otra parte, la situación actual del uso del agua en Cuba, según Herrera *et al.* (2011), indica que se utiliza anualmente para la producción agropecuaria cerca del 60% del total del agua demandada, lo cual asciende como promedio a $4,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ y de ello más del 90% se utiliza para el riego de los cultivos agrícolas, con un área bajo riego actual que corresponde a menos del 11% del área total cultivada en Cuba ($3,7 \cdot 10^6 \text{ ha}$) y una eficiencia global promedio de los sistemas de riego menor del 65%.

Esta situación actual se agrava a partir de los sesgos que se prevén entre las normas netas de riego vigentes en la actualidad y las que se necesitarían en lo adelante, posiblemente hasta los próximos 50 años o más, según la predicción de la variabilidad del clima en Cuba, por lo que se impone la necesidad de disponer de herramientas de fácil utilización para realizar una mejor gestión del agua disponible para el riego a largo y mediano plazo (entre 2016 y 2099) a través de los programas de cómputos aceptados internacionalmente por FAO, Organización Mundial de Meteorología (WMO) y el Centro Regional de Investigación de Riego y Drenaje (ICID).

Por tal motivo, se estableció como objetivo general estimar y precisar los requerimientos de riego a futuro de algunos cultivos de interés agrícola en la zona occidental de Cuba, a través de la utilización de herramientas computacionales, que faciliten la adaptación del pronóstico de riego en función de la variabilidad climática

MÉTODOS

Localización y selección de las zonas de estudio

La zona de estudio occidental se encuentra en el área de la Estación Experimental del IAgri en Alquizar, provincia Artemisa, la cual está a seis metros una altura sobre el nivel medio del mar y constituye el lugar donde se hicieron la mayoría de las investigaciones de campo cuyas características responden con similar comportamiento a la generalidad de los suelos y clima de la zona occidental. Posee como coordenadas geográficas $22,47^\circ \text{ N}$ y $82,31^\circ \text{ W}$, aunque fueron tomadas los datos climáticos para el escenario Echam A2, las coordenadas $22,5 \text{ N}$ y 82 W como la más cercana a la original del sitio. Los datos de clima, suelo y cultivo fueron procesados según Duarte *et al.* (2016). En general se puede decir que son suelos de buena estructura y muy productivos. Este estudio fue considerado como representativo de la región occidental.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se realizó una recopilación de la información de clima, cultivos y suelos, seleccionados para la investigación y con ellos conformar una base de datos del proyecto.

Se definieron los escenarios productivos a evaluar en diferentes regiones geográficas, climáticas y de sistemas productivos representativos de los grupos hortalizas, vian-

das, granos, caña, pastos y forrajes.

Se utilizó el modelo regional climático PRECIS del programa PRECIS (Providing Regional Climates for Impact Studies) como escenario explicativo del “posible clima futuro”, derivados de los escenarios de posibles emisiones futuras de gases de efecto invernadero (Centella *et al.*, 2001), los cuales se utilizan en modelos climáticos como elemento introducido para el cálculo de proyecciones climáticas. Dentro de este el modelo atmosférico de circulación general el escenario climático Echam en la serie 1961-2099 según estudios del Instituto de Meteorología de Cuba utilizado para este fin por su tendencia hacia condiciones más secas permite mostrar con los diferentes resultados la amplitud de incertidumbre de los modelos de cambio climático, el cual fue recomendado para Cuba, por Planos (2014), por presentar una resolución de 50 y 25 km^2 , lo que ha permitido representar el clima del futuro en países tan pequeños como los caribeños.

Fue utilizada la línea evolutiva o **escenario severo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) A2** perteneciente a la familia de la Echam seleccionado porque considera una economía regional, con un desarrollo económico-tecnológico lento, visto como una representación plausible del clima futuro y es utilizado para estimar el posible impacto del cambio climático sobre la sociedad y el medio ambiente. Este escenario al igual que el B2, considera que el desarrollo se dará más a nivel regional y parten de un conjunto de suposiciones acerca de la evolución de los forzantes (población, tecnología, economía, uso del suelo, agricultura y energía).

Según Gutiérrez *et al.* (2010), esta es la representación de escenarios de emisión de gases de efecto invernadero, que influyen en el forzamiento natural del sistema, según distintas hipótesis sobre las futuras formas de desarrollo socio-económico (escenarios B1, A2, A1B, según Nakicenovic *et al.* (2001), Figura 1).

Se utilizó el programa CROPWAT (versión 8.0) (FAO, 2015), para la modelación de los sistemas agrícolas, de los posibles para establecer estrategias de riego, 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.

Se determinaron la evapotranspiración de referencia y de cultivo, así como los coeficientes de cultivos y de estrés hídrico por la metodología de la FAO, según Allen *et al.* (2006), para diferentes condiciones climáticas y localidades y que se integra al programa CROPWAT. Los datos climáticos utilizados partieron de los recomendados en el escenario A2 para cada periodo. Fue preciso determinar la insolación como datos faltantes para posteriormente calcular la radiación neta y completar la informa que calcula la evapotranspiración de referencia (ET_o) según la ecuación siguiente:

$$ET_o = \frac{0,408 \times \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34u_2)} \gamma$$

donde:

ET_o - Evapotranspiración de referencia (mm.día⁻¹);

R_n - Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ·m⁻².día⁻¹);

R_a - Radiación extraterrestre (mm·día⁻¹);

G - Flujo del calor de suelo ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$);
 T - Temperatura media del aire a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$);
 u_2 - Velocidad del viento a 2 m de altura ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$);
 e_s - Presión de vapor de saturación (kPa);

e_a - Presión real de vapor (kPa);
 $e_s - e_a$ - Déficit de presión de vapor (kPa);
 Δ - Pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{kPa}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$);
 γ - Constante psicrométrica ($\text{kPa}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$).

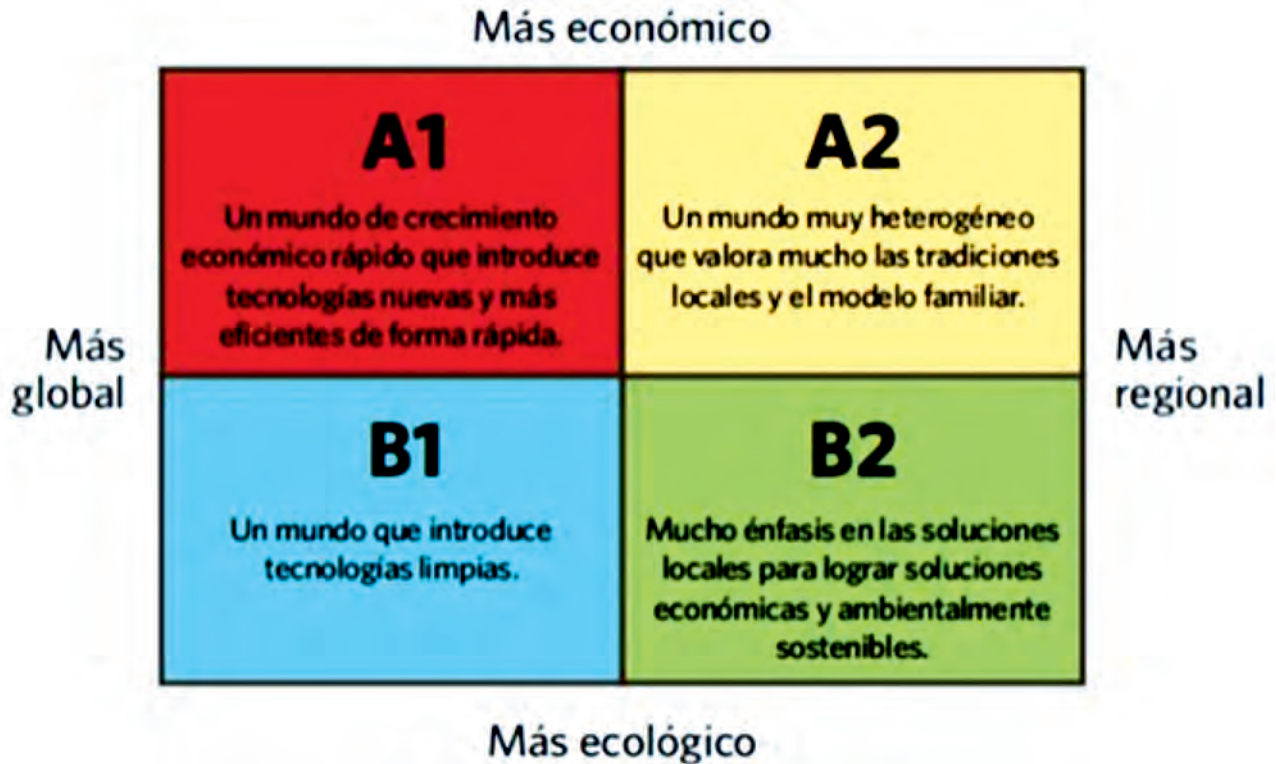


FIGURA 1. Expresión de los escenarios climáticos (Nakicenovic, *et al.*, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Base de datos sobre clima

Se tomaron los datos climáticos del modelo regional PRECIS en el escenario climático ECHAM A2 tales como temperatura máxima y mínima, humedad relativa, velocidad del viento y se recopilaron en una base de datos hasta el 2099. A partir del Programa Cropwat se calculó la insolación y la radiación neta. Dicho programa seleccionado dentro de la modelación de los sistemas agrícolas según Fernández (2013), permite la elaboración de calendarios de riego para diferentes condiciones de manejo además del cálculo del esquema de provisión de agua para diferentes patrones de cultivos, calcula la ETo tomando la ecuación de la FAO Penman-Monteith cuyos datos climáticos deben ser colectados de la más cercana y representativa estación meteorológica.

Por otra parte, se estudió hasta el 2030 la evolución de la zona occidental del país con las variables que más influyen en el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo) y que son las que con el cierto grado de incertidumbre aparecen en el modelo regional PRECIS visto para Cuba, en el escenario A2. Esta información incidiría en la ocurrencia diferenciada de la evapotranspiración de cultivo (ETc), así como en el cálculo de la norma neta para el riego de los cultivos.

En las Figuras 2 y 3, se aprecia el comportamiento evolutivo de las temperaturas máximas con rangos ($32,27-27,95^{\circ}\text{C}$)

y mínimas que oscilan entre ($23,89-20,98$) las cuales tienden a aumentar en relación con la línea base determinada en el período 1961-1990 donde se considera este aumento de la temperatura mínima en $1,9^{\circ}\text{C}$, dada fundamentalmente por una reducción significativa del rango diurno y mayor frecuencia de sequías prolongadas según plantea Planos (2014). Esta variable es una de las que definen el cálculo de la ETo y por tanto de la ETc y que mayor variabilidad tienen a futuro.

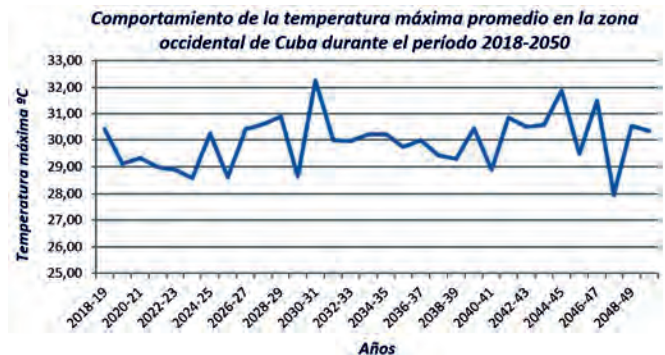


FIGURA 2. Comportamiento de la temperatura máxima promedio en la zona occidental de Cuba (2018-2050).

Por otra parte, la Figura 4 de las precipitaciones arroja que los volúmenes de agua a pesar de algunos picos en los años 2025, 2040 y 2041 serán cada vez menores por lo que se sugiere hacer un adecuado uso del agua con mayor eficiencia.

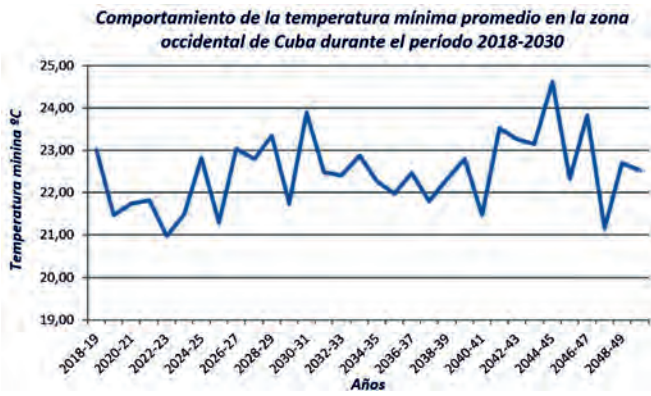


FIGURA 3. Comportamiento de la temperatura mínima promedio en la zona occidental de Cuba (2018-2050).

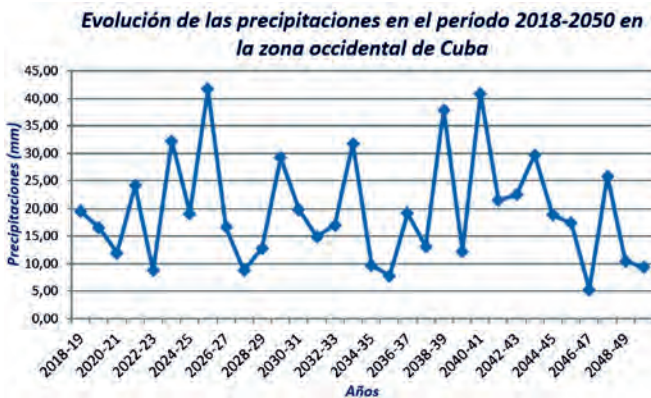


FIGURA 4. Comportamiento de las precipitaciones en la zona occidental de Cuba (2018-2050).

Base de datos sobre los suelos seleccionados

Se recopilaron los datos más importantes de los suelos más vinculados a este estudio y que influyen en las propiedades hidrodinámicas del suelo (Cid *et al.*, 2012). Ver Duarte *et al.* (2016).

Base de datos sobre los cultivos seleccionados

Se compendió la información de los cultivos agrícolas de mayor interés económico de la zona, coeficientes de cultivos

(Kc) determinados de forma experimental y actualizada a través del enfoque de Penman Monteih, (Solomon y IPCC, 2007) en el cálculo de la evapotranspiración de referencia. Otros datos que se tuvieron en cuenta fueron las fases de desarrollo, la profundidad de las raíces y el agotamiento crítico del suelo para los cuales se calcularon los coeficientes de cultivo (Kc). (Tabla 1).

TABLA 1. Algunos datos de los cultivos en estudio

cultivo	variedad	Coeficiente de cultivo (Kc experimental)		
Tomate	HC3880	0.58	1.18	1.0
Ajo	vietnamita	0.44	0.85	0.13
Lechuga	BSS	0.28	0.82	0.96
Maíz	T66	0.81	0.88	0.52

Base de datos climáticos

Se trabajaron con los datos climáticos a futuro del escenario A2 sobre la temperatura máxima y mínima, humedad relativa y velocidad de viento año a año desde 2016 hasta 2099.

Se realizó un estudio entre la evapotranspiración de referencia (Eto) y la precipitación del periodo comprendido entre 2016 hasta 2050 y 2099 en la zona de occidental reflejado en la Figura 5.

En la zona occidental, aunque la situación no es muy estimulante, existe la posibilidad de que las precipitaciones realicen algunos aportes a tenerse en cuenta en el balance de agua. En tal sentido en la probabilidad de ocurrencia de la lluvia (Figura 6), se pueden clasificar como períodos húmedos a aquellos que superan los 143,8 mm, lo cual solo ocurre en el 25% de los datos de la serie; que aun siendo los máximos, no satisfacen los requerimientos hídricos para ninguno de los cultivos y lo que es más importante, en el 75% de los casos, las lluvias esperadas no superarán 81,9 mm siendo más desventajoso todavía. Se aprecia en sentido general la que la lluvia promedio anual de 1200 mm anuales donde el 30% correspondería al período seco (360 mm) el cual supera con creces los valores que se tendrán en el futuro y que abogan con la reducción de disponibilidad de agua en las fuentes de abasto.

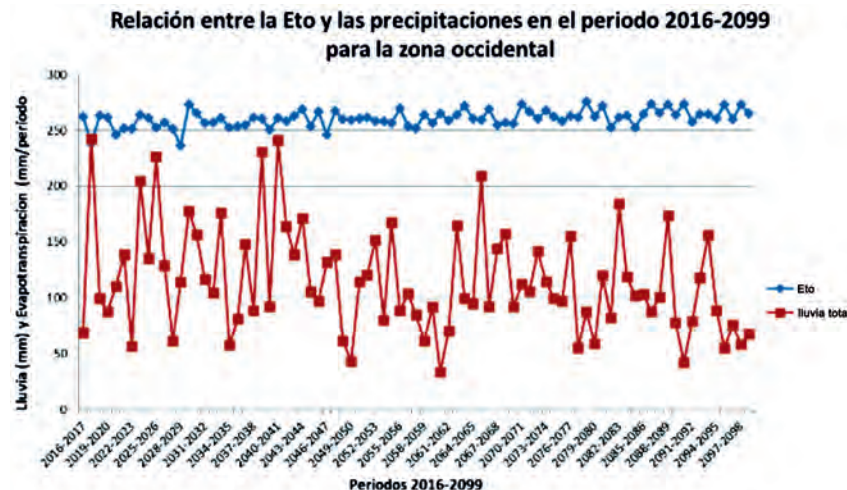


FIGURA 5. Relación entre la evapotranspiración de referencia y las precipitaciones en la zona occidental para periodo desde el 2016 hasta el 2099.

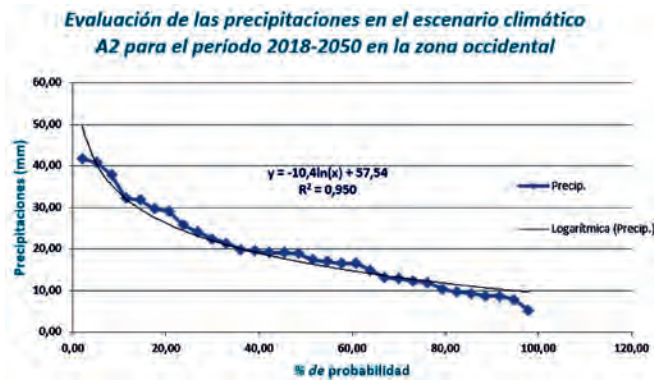


FIGURA 6. Evaluación de la probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones hasta el año 2050.

En cuanto a la evapotranspiración de referencia la Figura 5 refleja que para todo el ciclo evaluado se encuentra por encima o debajo directamente de los 250 mm (serie de años 2016-2999), aspecto de valor inestimable para la determinación de la evapotranspiración de cultivo y otros aspectos del balance hídrico y agrometeorológico, sin embargo, Solano *et al.* (2003), encontró para esta zona un comportamiento donde la ETo estaba en el rango entre 77 y 121 mm calculada con igual método de Penman Monteith para el período 1975-1994, lo cual demuestra los incrementos de la ETo en el clima futuro estudiado en el documento, que será la tendencia a valorar en lo sucesivo para la zona de estudio. Lo expuesto hasta aquí, argumenta la necesidad de establecer una predicción a futuro del riego de los cultivos con mayor interés económico y productivo, para asegurar las producciones lo más sostenible posible y establecer una correcta política del agua.

En la Figura 7a, se presentan las normas netas de tomate, estimadas en la zona occidental, por el modelo CROPWAT. Como se puede observar los valores se encuentran en un rango entre 4 186 y 4 395 m³.ha⁻¹, las cuales al ser comparadas con la norma neta promedio actual para la zona que es de 4 118 m³.ha⁻¹ según Duarte *et al.*, (2015), donde se aprecia que

estas la superan entre un 2 y 7%, lo que indicará incrementos de agua a tener en cuenta para la siembra del tomate en la zona teniendo en cuenta las consecuencias de la variabilidad y el cambio climático.

En la Figura 7b se muestran las normas netas estimadas para el ajo en la zona occidental, entre los años 2016 y 2099 que oscilan entre 3 076 y 3 294 m³.ha⁻¹, con un promedio de 3 186 m³.ha⁻¹ cuando se comparan estos valores de norma neta con la norma recomendada por (Duarte *et al.*, 2015), que presenta un valor de 2 720 m³.ha⁻¹, es evidente que esta última no será capaz de darle al cultivo toda el agua necesaria para su desarrollo óptimo, teniendo en cuenta que las necesidades hídricas fueron aumentando a partir del aumento de las variables climáticas a consecuencia de la variabilidad y el cambio climático, por lo que las lluvias estimadas para la región son insuficientes para satisfacer la demanda.

Para la zona occidental fue estudiado otro cultivo como el maíz T66 demostrándose la diferencia entre la norma neta actual y las que se requerirán en los próximos años, según escenario climático utilizado

En la Figura 7c se muestran las normas netas del maíz entre los años 2016 y 2099 las cuales oscilan entre 5 108 y 5 504 m³.ha⁻¹, con un promedio de 5 324 m³.ha⁻¹, cuando se comparan estos valores de norma neta con la norma recomendada por Duarte *et al.* (2015), representado por un valor de 4 800 m³.ha⁻¹, lo cual evidencia que esta última no será capaz de darle al cultivo toda el agua necesaria para su desarrollo óptimo, teniendo en cuenta que las necesidades hídricas fueron aumentando a partir del aumento de las variables climáticas en la región.

En el caso de la lechuga según la figura 8b al comparar las normas estimadas para los próximos años hasta el 2030, con la que actualmente se utiliza para el riego a cielo abierto se aprecia la existencia de variaciones en las mismas. En particular en el período 2021 los valores se hacen casi iguales aunque las normas se sobrepasan entre 7 (2 193 m³.ha⁻¹) y 9% (2 446 m³.ha⁻¹) de las que actualmente se aplican (1 620 m³.ha⁻¹).

Normas netas de riego ajustadas a la variabilidad y cambio climático para el uso del pronóstico de riego (Figuras 7A, B, C y D)

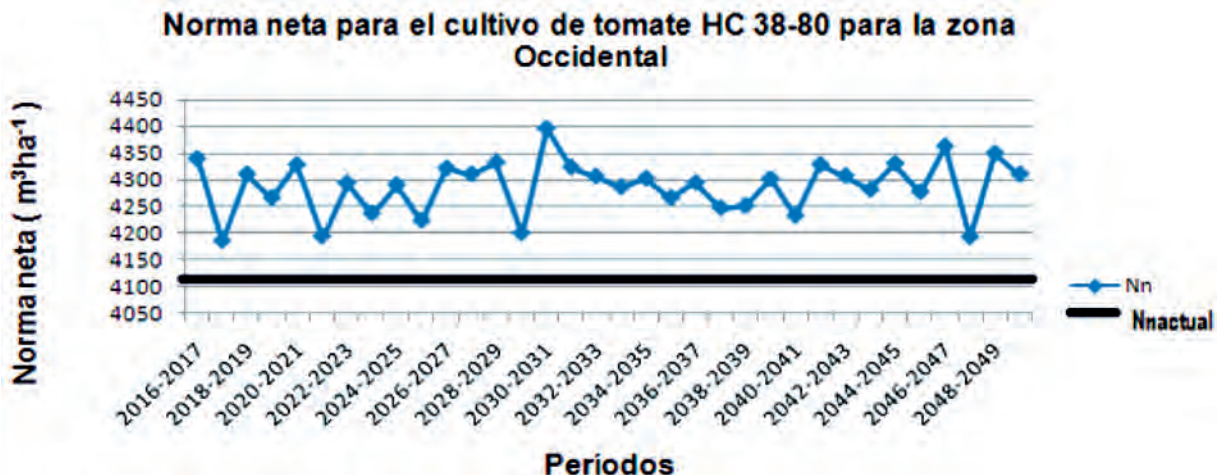


Figura 7A. Normas netas de riego ajustadas a la variabilidad y cambio climático para el uso del pronóstico de riego.

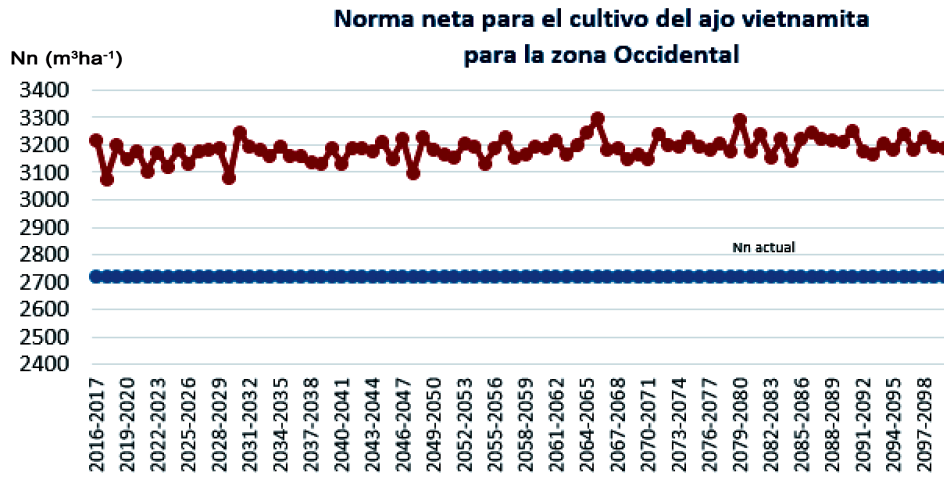


FIGURA 7B. Normas netas de riego ajustadas a la variabilidad y cambio climático para el uso del pronóstico de riego.

Normas netas ajustadas para periodos 2016-2099 en maíz T66 (Figura 7C) y lechuga en rango 2016-2030 (Figura 7D)



FIGURA 7C. Normas netas ajustadas para periodos 2016-2099 en maíz T66.

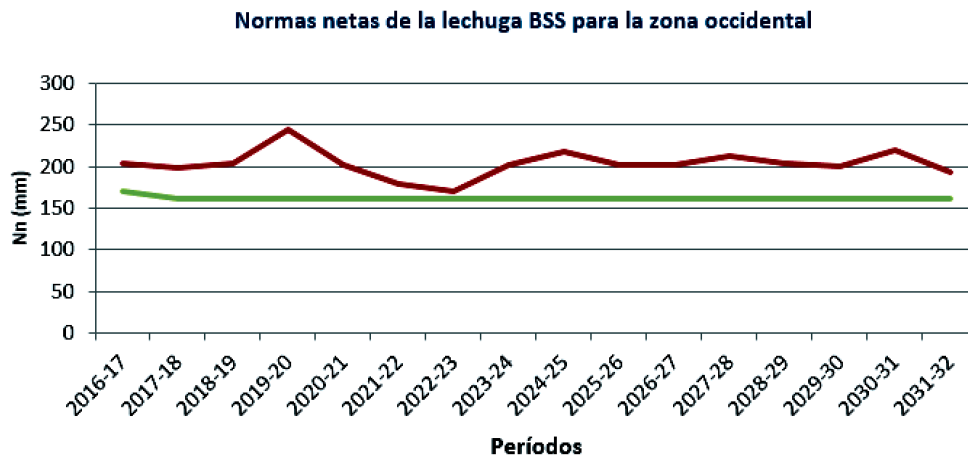


FIGURA 7D. Normas netas ajustadas en lechuga en rango 2016-2030.

La Tabla 2 muestra la tendencia que tendrá la zona occidental de Cuba en cuanto a las necesidades de los cultivos hortícolas (tomate, ajo y lechuga) y granos (maíz), aun cuando haya cierto grado de incertidumbre en los datos climáticos del escenario climático (A2), así como incluido el margen de error del modelo utilizado para la estimación de las normas netas. No obstante, actualmente, representan la mejor herramienta que se dispone en la predicción de la condición posible del clima futuro.

En la misma se aprecia que para el tomate habrá que disponer de 4 a 6% más de agua para obtener los beneficios esperados en el rendimiento agrícola potenciado con el riego y su mejor manejo, por cuanto el comportamiento de la lluvia será como se reflejó en la Figura 4. Para el ajo se necesitará alrededor de un 14% más de agua, para la lechuga entre 17 y 19% y para el maíz de invierno 9% más de agua disponible. Todo esto indica la necesidad de hacer un manejo adaptativo en función del agua y las etapas críticas de los cultivos.

TABLA 2. Comparación entre las normas de netas actuales de riego de algunos cultivos agrícolas de la zona occidental y las normas estimadas a futuro entre 2030 y 2050

Cultivo	Período	Norma actual (m ³ ·ha ⁻¹)	Norma a futuro (m ³ ·ha ⁻¹)	Diferencia (m ³ ·ha ⁻¹)
Tomate HC 38-80	2016-2026	4 100	4 268,0	168 (3,93%)
	2027-2037		4 355,5	255,5 (5,87%)
	2038-2050		4 276,8	176,8 (4,13%)
Ajo vietnamita	2016-2026	2 720	3 153,9	433,9 (13,76%)
	2027-2037		3 166,5	446,5 (14,1%)
	2038-2050		3 184,7	464,7 (14,6%)
Maíz T-66	2016-2026	4 800	5 261,2	461,2 (8,77%)
	2027-2037		5 309,3	509,3 (9,59%)
	2038-2050		5 305,6	505,6 (9,53%)
Lechuga BSS	2016-2026	1 620	1 948,5	328,5 (16,86%)
	2027-2030		2 002,5	382,5 (19,10%)

CONCLUSIONES

- Fueron establecidas las bases de datos de clima, suelo y cultivo para su utilización en la predicción de las normas netas de riego a futuro de los cultivos ajo, cebolla, lechuga y maíz, teniendo en cuenta la utilización de las herramientas computacionales como el Modelo Regional PRECIS y la Modelación de los sistemas agrícolas para determinación de los requerimientos hídricos con el CropWat.
- Se estimaron las normas netas de riego a futuro con pronósticos de incrementos en las hortalizas como tomate, ajo y lechuga entre 4 y 19% y en los granos como maíz de 9 a 10% lo que predice la necesidad de realizar un manejo adaptativo del agua disponible para el pronóstico de riego de los cultivos a corto, mediano y largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M.: *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, [en línea], ser. Estudio FAO Riego y Drenaje, no. ser. 56, Ed. FAO, Roma, Italy, 298 p., 2006, ISBN: 92-5-304219-2, Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>, [Consulta: 30 de mayo de 2017].
- CENTELLA, A.; LLANES, J.; PAZ, L.; LÓPEZ, C.; LIMIA, M.: *Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, Ed. Grupo Nacional de Cambio Climático - Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba, 169 p., 2001, ISBN: 959-02-0333-7.
- CID, G.; LÓPEZ, T.; GONZÁLEZ, F.; HERRERA, J.; RUIZ, 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, 2227-8761.
- DUARTE, D.C.; HERRERA, P.J.; LÓPEZ, S.T.; GONZÁLEZ, R.F.; ZAMORA, H.E.: "Nuevas normas netas de riego para los cultivos agrícolas en Cuba", *Ingeniería Agrícola*, 5(4): 46–51, 2015, ISSN: 2306-1545, 2227-8761.
- DUARTE, D.C.E.; HERRERA, J.; LÓPEZ, T.; GONZÁLEZ, F.; ZAMORA, E.; RODRIGUEZ, R.; CISNEROS, E.; MARTÍNEZ, R.; PÉREZ, R.; CID, G.; GARCÍA, A.; CUN, R.; GONZÁLES, D.; PUIG, O.; JIMÉNEZ, N.; BONET, C.; GUERRERO, P.; GONZÁLEZ, A.; RODRÍGUEZ, D.; LAMELA, C.; ROQUE, R.; MAQUEIRA, L.; RUIZ, M.: *Informe final del proyecto Ajuste de las normas netas para el pronóstico de riego de los cultivos agrícolas en Cuba, en función de la variabilidad climática*, no. CC-016, Inst. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Informe final de proyecto del programa nacional Cambio climático en Cuba: impactos, mitigación y adaptación, La Habana, Cuba, 2016.
- FAO: *CROPWAT*, [en línea], (Versión 8.0), [Windows], Visual Delphi 4.0, Rome, Italy, 2015, Disponible en: http://www.fao.org/nr/water/infoces_databases_cropwat.html.
- FERNÁNDEZ, M.E.: *Diagnóstico de modelos agroclimáticos. Evaluación del riesgo agroclimático por sectores*, [en línea], Inst. Fondo

financiero de proyectos de desarrollo–Fonade e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales–IDEAM, Colombia, 55 p., 2013, Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/UsodeModelos+agroclim%C3%A1ticos.pdf/9f53a23d-9afa-4fda-aad3-5fe407c6cfea>, [Consulta: 30 de mayo de 2017].

GUTIÉRREZ, J.M.; SAN-MARTÍN, D.; HERRERA, S.; FERNÁNDEZ, J.; PONS, M.R.: *Escenarios Regionales de Cambio Climático en Cantabria*, [en línea], Inst. IFCA - UC - AEMET, Cantabria, Santander, 2010, Disponible en: <http://www.meteo.unican.es/es/projects/escenariosCantabria>, [Consulta: 30 de mayo de 2017].

HERRERA, P.J.; LÓPEZ, S.T.; GONZÁLEZ, R.F.: “El uso del agua en la agricultura en Cuba”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 1(2): 1–7, 2011, ISSN: 2306-1545, 2227-8761.

PLANOS, E.O.: *Síntesis Informativa sobre impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*, Ed. AMA, La Habana, Cuba, 2014, ISBN: 978-959-300-044-4.

PLANOS, G.E.; RIVERO, V.R.; GUEVARA, V.: *Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*, Ed. AMA, La Habana, Cuba, 2012, ISBN: 978-959-300-039-0.

SOLANO, O.; MENÉNDEZ, C.; VÁZQUEZ, R.; MENÉNDEZ, J.A.; MARTIN, M.P.: “Estudio de la evapotranspiración de referencia en Cuba”, *Revista Cubana de Meteorología*, 10(1): 33–38, 2003, ISSN: 0864-151X.

SOLOMON, S.; IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE): *Climate change 2007: the physical science basis*, Ed. Cambridge University Press, Cambridge, 996 p., 2007, ISBN: 978-0-521-88009-1.

Recibido: 10/09/2016.

Aprobado: 17/05/2017.

Carmen E. Duarte-Díaz, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba. Correo Electrónico: jdptoriego@iagric.cu

Julián Herrera-Puebla, Correo Electrónico: direccioninvest1@iagric.cu

Elisa Zamora-Herrera, Correo Electrónico: dptoriego6@iagric.cu



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



6^{to} Aniversario de la Revista Ingeniería Agrícola

“La Ingeniería Agrícola al servicio de la producción sostenible de alimentos en Cuba”

