



<http://opn.to/a/pN8Wt>

ARTÍCULO ORIGINAL

Modelación de las normas netas de riego de la papa según la variabilidad climática

Modelation of the net Norms Irrigations of the Potato, According to the Climatic Variability

Dr.C. Carmen E. Duarte-Díaz, Ing. Eliecer Utria Blanco, Dr.C. Julián Herrera Puebla, MSc. Elisa Zamora-Herrera
Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

RESUMEN. Se presentan los resultados sobre las estimaciones de las necesidades hídricas del cultivo de la papa con el objetivo de estimar las normas netas de riego a futuro, en la zona central de Cuba según modelación de la variabilidad climática en el periodo de siembra de noviembre a febrero entre los años 2018 y 2050. Para la estimación de los requerimientos hídricos de la papa se utilizó el enfoque del coeficiente único del cultivo (Kc) mediante el programa computacional CROPWAT de la FAO utilizando las variables climáticas de la zona, obtenidas de la base de datos del programa regional PRECIS del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), ajustados para Cuba por el Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET). Se tomaron como referencia los datos mensuales del ECHAM para los escenarios A2 y

B2. En cuanto a la estimación de las normas netas se observó que estas tienen un valor por encima de las que se utilizan actualmente en la zona ($4100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), con valor promedio de $5060 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para el escenario A2 y $5053 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para el escenario B2. Se podría definir la media de $5056,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ por la poca variabilidad entre las mismas, existiendo un incremento de $9565 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ entre la norma actual y la norma futura, por lo que se tendrá que hacer un manejo adaptativo para aprovechar al máximo la poca disponibilidad de agua que existirá según este pronóstico para lograr la producción de papa en la zona.

Palabras clave: escenarios climáticos, Cropwat, requerimientos hídricos.

ABSTRACT. The results are presented on the estimates of the irrigations requirements of the potato with the objective of estimating the net norms irrigations to future, for the cultivation of the potato in the central part of Cuba according to modelation of the climatic variability in the period of November to February among the years 2018 and 2050. For the estimate of the irrigations requirements of the potato the focus of the unique coefficient of the cultivation was used (Kc) by means of the program computational CROPWAT of the FAO using the climatic variables of the part, obtained of the database of the regional program PRECIS of the IPCC that adjusted for Cuba by the Institute of Meteorology of Cuba (INSMET) and they took like reference the monthly data of the ECHAM for the scenarios A2 and B2. As for the estimate of the net norms it was observed that have a value above those that are used at the moment in the part ($4100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), with value average of $5060 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, the scenario A2 and $5053 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, the scenario B2. It could be defined the stocking of $5056,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, the little variability among the same ones, existing an increment of $9565 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ between the current norm and the future norm, for what one will have to make a adaptative manage to take advantage of to the maximum the little readiness of water that it will exist according to this disponibility of water to achieve potato's production in the area.

Keywords: Climatic Scenarios, Cropwat, Requirements Irrigations.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural de inestimable valor, es sin lugar a dudas esencial para la vida y para la buena salud de todos los seres vivos. Constituye el 55% del peso de una persona, además se utiliza en muchas actividades importantes

*Autora para correspondencia, Carmen E. Duarte-Díaz, e-mail: jdptoriego@iagric.cu

Recibido: 13/07/2019.

Aprobado: 06/12/2019.

como la agricultura, la ganadería, los procesos industriales, las tareas domésticas y la obtención de energía.

El Instituto Nacional de Recursos Hídricos (INRH), como entidad rectora del agua en Cuba, planteó la necesidad 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 del 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 período 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% (2157,120 Hm³) del total del país mientras que ya en el 2010 y 2011 este porcentaje asciende a 44% (3521,524 hm³) y 47% (4169,681 Hm³) respectivamente (INRH, 2011), citado por (Herrera *et al.*, 2011).

En tal sentido, la agricultura es el sector que más agua emplea (utiliza un 70% de la aprovechable mundialmente), la mayor parte está destinada al riego. En nuestro país el riego es un factor potenciador de los rendimientos ya que la distribución no homogénea de las precipitaciones impone un período seco en el año (de noviembre a abril) donde solo ocurre como media el 20% de la precipitación anual y este período coincide con el óptimo para el crecimiento y desarrollo de la mayoría de los cultivos agrícolas, fundamentalmente los de ciclo corto, además, es conocido que la agricultura bajo riego en Cuba puede llegar a incrementar entre 15% y 50% la producción de los cultivos agrícolas en comparación con las áreas de secano, cuestión importante para la contribución a la seguridad alimentaria (Chaterlán, 2012).

Por otra parte, el archipiélago cubano, 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 las manifestaciones de la variabilidad y el cambio climático.

La situación actual existente indica que los recursos hídricos aprovechables son del orden de 13 276 000 m³, (más del 60% son utilizados en la agricultura) y de ellos más del 90% en el riego de los cultivos agrícolas de 6 700 000 de ha, en áreas agrícolas y cultivables 3 300 000 millones de ha según Herrera *et al.* (2011) y que por lo expresado anteriormente existirá la tendencia a la disminución en cantidad y calidad identificándose que debe hacerse un uso eficiente del agua con que se cuenta y realizar un proceso adaptativo en el sector agropecuario, para potenciar la sostenibilidad en la producción agrícola.

La existencia en Cuba de instituciones que se encargan de determinar las necesidades hídricas de los cultivos, para definir eficaces programas de riego, con un manejo eficiente del agua y los sistemas de riego constituye una fortaleza para el sector agropecuario. Se destacan entre ellos el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric) y el Ministerio de la Agricultura (Minag), visto desde sus funciones y misiones de investigación, desarrollo y funciones estatales nacionales.

La utilización y actualización de programas de cómputos

como el Cropwat, permitirán ajustar las normas netas de riego para la zona central de Cuba durante un período 2018-2050, para que sean capaces de suplir las necesidades hídricas de la papa, con la utilización de los datos climatológicos mensuales del Modelo PRECIS tomando como referencia el Echam para los escenarios A2 y B2.

Para el desarrollo de la investigación se ha definido como objetivo: estimar las normas netas de riego a futuro, para el cultivo de la papa en la zona central de Cuba según modelación de la variabilidad climática

MÉTODOS

La presente investigación se realizó tomando como referencia las investigaciones anteriores realizadas en la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú” según Pacheco y Pérez (2010), ubicada en el km 4½ de la carretera a Sagua la Grande, municipio Santa Clara, provincia Villa Clara. Las coordenadas geográficas son: latitud de 22.43°y longitud de 78.98°, a una altura sobre el nivel del mar de 116.4m, como aparece en la Figura 1.

El trabajo abarcó el período del 2018 al 2050, teniendo en cuenta la disponibilidad de los datos del clima de los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero de las líneas evolutivas A2 y B2 reportados por el Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET, 2013). Se tomaron las variables climáticas de las coordenadas 22° de latitud norte y 79° de longitud oeste como las más cercana a las coordenadas de la zona.

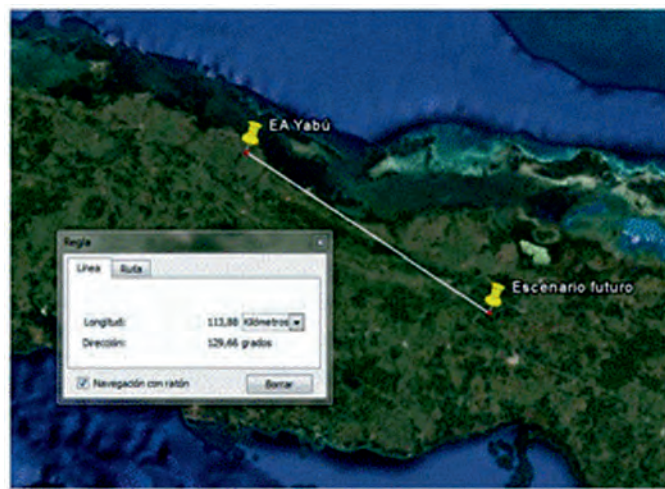


FIGURA 1. Mapa de ubicación de las coordenadas.

Las temperaturas máximas y mínimas se encuentran entre 21 y 31°C respectivamente.

Los suelos predominantes de la zona, son pardos con carbonatos, plástogénicos medianamente humificados, de 30 a 35 cm de profundidad efectiva y ligeramente ondulados. La textura se caracteriza por ser arcillosa del tipo 2:1 lo que le proporciona una alta retención del agua.

Estos estudios pueden ser representativos de toda la región central, dado que las condiciones climáticas y representación de suelos son similares Solano *et al.* (2003). El cultivo de referencia es la papa variedad Spunta.

Para determinar los requerimientos hídricos a futuro del cultivo de la papa se utilizó el programa de ordenador CROPWAT Allen (2006), versión 8.0, donde se utilizaron variables de cultivo y suelo a tiempo real a partir de las investigaciones in situ en la zona.

Para el caso de la determinación de la evapotranspiración de referencia (ET_o) se tomaron los datos climáticos del modelo regional PRECIS utilizando los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero A2 (describe un mundo muy heterogéneo, con autosuficiencia y preservación de las identidades locales y aumento continuo y constante de la población. El desarrollo económico principalmente regional y el crecimiento económico y el cambio tecnológico están fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas) y B2 (describe un mundo con soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental. La población mundial crece continuamente, a un ritmo menor al de la línea evolutiva A2, con niveles medios de desarrollo económico y cambios tecnológicos menos rápidos, está orientado hacia la protección ambiental y a la equidad social y se centra en las escalas local y regional).

Los mismos poseen series de datos desde 1961 hasta 2099, donde todos los meses están formados por 30 días, sin que en el año haya mes bisiesto, de donde se tomaron los valores de temperatura máxima, mínima, velocidad del viento y humedad relativa y se calculó como dato faltante la insolación teniendo en cuenta las coordenadas geográficas y los datos anteriores, con eso el programa calculó la evapotranspiración de referencia (ET_o), aplicando la ecuación de Penman- Monteith de la FAO 56 (FAO, 2006). Estas corridas para los cálculos de la ET_o y de la evapotranspiración de cultivo (ET_c) se hicieron año a año desde 2018 hasta 2050.

Se analizaron también año a año las precipitaciones ocurridas en el período y se calcularon las efectivas, utilizando el Método del USDA Soil Conservation Service, que aparece dentro de los recomendados en el programa Cropwat versión 8.0 para la determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos y utilizado por ser uno de los más más precisos en sus cálculos, ya que los métodos de Savo y el Servicio de Conservación de Suelos de EE. UU son los que mejor describen la variación de la lluvia aprovechable al ser comparados con el método del balance hídrico del suelo.

Las precipitaciones totales que se procesaron y se evaluaron permitieron definir las características de los años climáticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evapotranspiración de referencia (ET_o) y la precipitación total del período 2018-2050 de la zona de central de Cuba

Teniendo en cuenta las bondades que brinda el programa Cropwat para la determinación de la evapotranspiración de referencia y la utilización de los datos mensuales del Echam para los escenarios A2 y B2 con las variables climáticas (temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento e insolación) correspondientes al período 2018-2050, se calculó la ET_o y la precipitación efectiva año a año para la zona con la información de la precipitación total mensual de los escenarios.

Este análisis permitió evaluar el comportamiento del año representado por el período de siembra óptima de la papa (noviembre- febrero) para las variables de ET_o y las precipitaciones.

Se presentan los datos en los que se relaciona la evapotranspiración de referencia y la precipitación total 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 papa, y además, conocer la disponibilidad de agua con que se cuenta para establecer el manejo hídrico más adecuado sin afectar la producción del tubérculo teniendo en cuenta su importancia como cultivo priorizado ya que ocupa el primer lugar entre las raíces y tubérculos de la base alimentaria de la dieta nacional cubana.

Comparación entre la evapotranspiración de referencia calculada con las variables climáticas de los escenarios A2 y el B2 para igual zona central

La Figura (2) muestra la relación que existirá entre la evapotranspiración de referencia calculada desde los escenarios A2 y B2, donde se aprecia que se tiene un promedio de 9,44 mm para la ET_o de A2 y de 9,46 mm para ET_o de B2 en los 32 años de estudio.

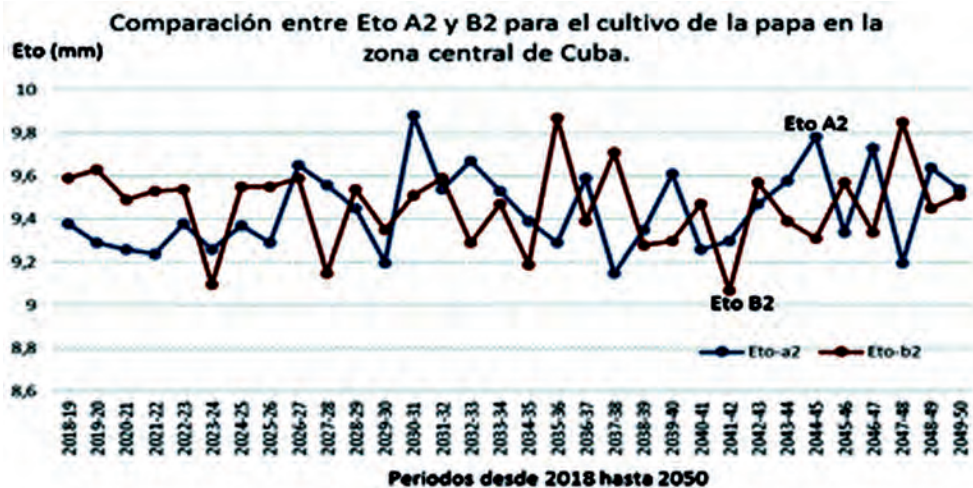


FIGURA 2. Evapotranspiración de referencia para los escenarios de emisiones A2 y B2 en la zona de central de Cuba.

Esto indicó la poca diferencia a nivel de promedio en la zona con la ETo estimada con las variables de los dos escenarios diferenciados. La Eto estimada con el A2 se encuentra en el rango entre 9,88 mm y 9,15 mm y la Eto con el B2 entre 9,85 mm y 9,10 mm, lo cual es indicativo según estos datos que pueda utilizarse cualquiera de los datos anteriores para obtener un valor viable de Eto para la región central de Cuba. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Verdecia (2016), al evaluar la zona para el cultivo de tomate.

Relación entre la evapotranspiración de referencia (ETo) y la precipitación total, del período 2018-2050 en la zona central

La Figura (3a), muestra la relación entre la evapotranspiración de referencia y la precipitación según las variables del escenario climático A2, en el cual se aprecia una caracterización del clima bastante seco, por cuanto en la mayoría de los años de

estudio las precipitaciones no suplen la demanda evaporativa de la atmósfera, por lo que se considera la existencia de un balance hídrico negativo para la zona y con poca posibilidad de disponibilidad de agua para abastecer al cultivo de la papa con las precipitaciones. Solo en 4 períodos de siembra de la papa de los 32 estudiados es posible que las precipitaciones sobrepasen a la evapotranspiración de referencia los cuales son 2029-30, 2038-39, 2041-42, 2047-48 lo que solo representa el 12,8% del total de ellos. Estos resultados corroboran estudios anteriores por (Duarte *et al.*, 2015 y Vázquez, 2015).

En igual comportamiento la Figura (3b) muestra la relación entre la evapotranspiración de referencia y la precipitación, pero con la utilización de la información del escenario climático B2. Se muestra un escenario bastante seco, por cuanto existe similar tendencia donde la mayoría de los años de estudio las precipitaciones no igualan o sobrepasan los valores de la evapotranspiración de referencia, estableciendo un balance hídrico negativo.

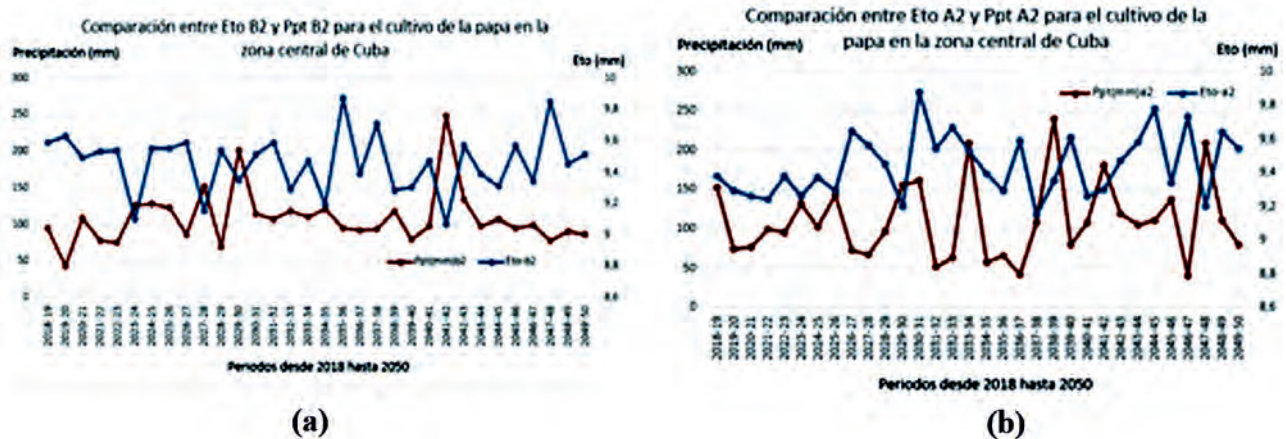


FIGURA 3. Relación entre la evapotranspiración de referencia y precipitaciones en A2 y B2 para período 2018- 2050.

Estimación de las normas netas de riego para los escenarios A2 y B2 en el período 2018-2050

En la Figura (3), se aprecian las normas netas de riego estimadas mediante el programa CROPWAT, vistas como evapotranspiración de cultivo. Las mismas tienen como promedio 5060 m³·ha⁻¹ para el escenario A2 y 5053 m³·ha⁻¹ para el B2. No se aprecian diferencias entre las variables estudiadas, lo cual corrobora la utilidad de uno u otro escenario climático para la predicción de las normas netas de riego del cultivo de la papa a mediano plazo hacia futuro. Se podría definir la media de 5056,5 m³·ha⁻¹ por la poca variabilidad entre las mismas.



FIGURA 4. Normas netas de riego de la papa estimadas en los escenarios A2 y B2.

Si se tiene en cuenta que la norma neta actual para el cultivo de la papa variedad Spunta se encuentra sobre $4\ 100\ \text{m}^3\ \text{ha}^{-1}$ se observa que la misma se incrementará en $956,5\ \text{m}^3\ \text{ha}^{-1}$, por lo que se tendrá que hacer un manejo con medidas de adaptación que promuevan las prácticas y tecnologías más representativas que permitan utilizar lo más eficientemente la poca disponibilidad de agua que existirá en la zona para desarrollar el cultivo de la papa.

CONCLUSIONES

- La modelación de los sistemas climáticos y agrícolas permitió caracterizar la evapotranspiración de referencia y las

precipitaciones de la zona central de Cuba, sin diferencias entre los diferentes escenarios climáticos estudiados A2 y B2 con un promedio de $9,44\ \text{mm}$ para la ETo de A2 y de $9,46\ \text{mm}$ para ETo de B2 en los 32 años de estudio las cuales solo son sobrepasadas en un 12,8% del total de los años.

- Las normas netas de riego estimadas para el cultivo de la papa hasta el período 2050 se incrementarán en $956\ \text{m}^3\ \text{ha}^{-1}$, lo cual representará un 23% más de agua a tener en cuenta para el riego del cultivo.
- Estos resultados no son pronósticos, sino representaciones posibles del futuro con las incertidumbres que dependen del impacto del cambio climático en el territorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, G.R.: *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, Ed. Food & Agriculture Org., vol. 56, 2006, ISBN: 92-5-304219-2.
- CENTELLA, A.; LLANES, J.; PAZ, L.; LÓPEZ, C.; LIMIA, M.: *Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, La Habana, Cuba, 44 p., 2001.
- CHATERLÁN, D.Y.: *Precisión en la estimación de las necesidades hídricas de los cultivos. Caso de estudio: cultivos de ajo y cebolla en las condiciones edafoclimáticas del sur de Artemisa*, Inst. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), La Habana, Cuba, 2012.
- DUARTE, D.C.; HERRERA, P.J.; LÓPEZ, S.T.; GONZALÉZ, R.F.; ZAMORA, H.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.
- FAO: *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, Ed. Estudio FAO Riego y Drenaje, vol. 56, Roma, Italia, 322 p., 2006.
- HERRERA, P.J.; LÓPEZ, S.T.; GONZALÉZ, R.F.: “Sobre el uso del agua en la agricultura en Cuba”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 1(1): 3-7, 2011, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- INSMET: *Segunda Comunicación Nacional de la República de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas*, Inst. Instituto de Meteorología (INSMET), La Habana, Cuba, 2013.
- PACHECO, S.J.Y.; PÉREZ, C.A.: “Evaluación del manejo del riego de la papa en la Empresa de Cultivos Varios «Valle del Yabú», Santa Clara”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3): 47-52, 2010, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- PLANOS, G.E.; RIVERO, R.; GUEVARA, V.: *Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*, Inst. Agencia de Medio Ambiente (AMA), La Habana, Cuba, 2012.
- SOLANO, O.; MENÉNDEZ, C.G.; VÁZQUEZ, R.; MENÉNDEZ, J.G.; MARTÍN, M.: “Estudio de la evapotranspiración de referencia en Cuba”, *Revista Cubana de Meteorología*, 10(1): 33-40, 2003.
- VÁZQUEZ, R.: *Modelación y caracterización agroclimática según proyecciones futuras para los municipios BASAL. Componente modelación biofísica de cultivos (bioma). Presentación en el marco del “Resultado 3. Herramientas para enfrentar los impactos del cambio climático y promover la sostenibilidad alimentaria*, Proyecto BASAL, La Habana, Cuba, 2015.
- VERDECIA, A.L.: *Predicción de las normas netas de riego del tomate a cultivarse en las zonas occidental, central y oriental de Cuba en el período 2016-2050 en función de la variabilidad y el cambio climático*, Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE), Eng. Thesis, La Habana, Cuba, 59 p., 2016.

Carmen E. Duarte-Díaz, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: jdptoriego@iagric.cu
Eliecer Utría Blanco, Especialista, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: jdptoriego@iagric.cu
Julián Herrera Puebla, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: direccioninvesti@iagric.cu
Elisa Zamora-Herrera, Especialista Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: dptoriego6@iagric.cu

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.