



<https://eqrcode.co/a/JjcD07>

## RIEGO Y DRENAJE

### ARTÍCULO ORIGINAL

# Manejo de las normas netas totales de riego en el frijol ante el cambio climático

## *Management of Total Net Irrigation Standards in Beans in the Face of Climate Change*

Dr.C. Carmen E. Duarte-Díaz\*, MSc. Elisa Zamora-Herrera, Dr.C. Julián Herrera-Puebla, Dr.C. Felicita González-Robaina, Dr.C. Yoima Chaterlán-Durruthy

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

**RESUMEN.** La necesidad de particularizar en las diferencias de las normas netas de riego vigentes y las que se necesitan en lo adelante, en cultivos de interés económico según el clima cambiante, definió como objetivo del trabajo evaluar el manejo del riego de las normas netas totales y reducidas del cultivo frijol como medida de adaptación en la zona occidental de Cuba. Los datos climáticos correspondieron al modelo regional Providing Regional Climates for Impacts Studies del escenario climático Echam A2 para la modelación climática y se estimó la evapotranspiración de referencia con el programa Cropwat, al igual que las precipitaciones totales y efectivas. La predicción de las normas netas totales de riego en el período 2017-2050, para el frijol negro bag 68, osciló entre 452,7 mm - 484,4 mm, incrementándose entre 57 y 61 %, en relación a las que se encuentran vigentes en Cuba. Según el análisis de probabilidad de ocurrencia de las normas habrá que aplicar 477,3 mm en cuatro años de los cinco transcurridos, según  $y = -0,1113x + 481,81$ , para un  $R^2 = 0,8966$ , siendo muy elevada y se propone como medida de adaptación las normas reducidas estimadas en función de los períodos críticos del cultivo con reducciones del 90, 85, 80 y 70 % de la evapotranspiración del cultivo según la disponibilidad del agua y la garantía de la producción generada en cada caso, lo que se considera una alternativa de alerta temprana para la planificación del agua en el riego del frijol en condiciones de cambio climático.

**Palabras Clave:** escenario climático, evapotranspiración de referencia, normas de riego

**ABSTRACT.** The need to particularize the differences in the net irrigation standards in force and those that are needed from now on, in crops of economic interest, according to the changing climate, defined the objective of the work to evaluate the management of irrigation of the total net standards and reduced bean cultivation as an adaptation measure in western Cuba. The climate data corresponded to the Providing Regional Climates for Impacts Studies regional model of the Echam A2 climate scenario for climate modeling and the reference evapotranspiration was estimated with the Cropwat program, as well as total and effective rainfall. The prediction of the total net irrigation norms in the period 2017-2050, for black bean bag 68, ranged between 452.7 mm - 484.4 mm, increasing between 57 and 61%, in relation to those in force in Cuba. According to the analysis of the probability of occurrence of the norms, 477.3 mm will have to be applied in four years of the five that have elapsed, according to  $y = -0.1113x + 481.81$ , for an  $R^2 = 0.8966$ , being very high and proposes as an adaptation measure the reduced standards estimated according to the critical periods of the crop with reductions of 90, 85, 80 and 70% of the evapotranspiration of the crop according to the availability of water and the guarantee of the production generated in each case, which was considered an early warning alternative for water planning in bean irrigation under climate change conditions.

**Keywords:** climatic scenario, reference evapotranspiration, irrigations norms

## INTRODUCCIÓN

El clima futuro de Cuba pudiera caracterizarse por los cambios de la temperatura media del aire a elevarse hasta 4° C, con una disminución de la precipitación anual que, según

el escenario, oscilaría entre el 15 y el 63 %, acompañada, del aumento de la evapotranspiración potencial y la evaporación real (MAAMA, 2015).

\*Autor para correspondencia: Carmen E. Duarte-Díaz, e-mail: carmen.duarte@boyeros.iagric.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7887-6289>

**Recibido:** 15/12/2020.

**Aprobado:** 23/07/2021.

Los Recursos Hidráulicos Disponibles a partir de la infraestructura hidráulica ascienden a 13 904 millones de m<sup>3</sup> y los usos predominantes del agua están en la agricultura (55 – 60 %) según los autores anteriores por lo que en la actualidad, se impone la necesidad del uso sostenible del recurso, de la eficiencia en la conducción y distribución, de la disminución de pérdidas (las que alcanzan en algunas zonas hasta 60% de los volúmenes entregados), del reúso, así como de una elevada cultura ambiental hídrica e hidráulica

Por otra parte, los cultivos de regadío producen, en promedio, entre dos y tres veces más que los cultivos dependientes de la lluvia Martínez (2007), citado por (Hevis *et al.*, 2019), por lo que según los autores las afectaciones potenciales más relevantes para el desarrollo de la agricultura se centran en las variables climáticas como la temperatura y la precipitación, a distintas escalas de tiempo y en dependencia de la región.

Una herramienta básica para esos estudios, para la planificación del agua, son los denominados escenarios de cambio climático Gaertner *et al.* (2011) y según Vargas *et al.* (2012), constituyen una descripción coherente, internamente consistente y plausible de una evolución futura posible del clima. Los escenarios no son predicciones, sino posibilidades alternativas que dependen de factores cuyo desarrollo no podemos predecir. En el caso del cambio climático antropogénico, relacionado con la creciente acumulación en la atmósfera de gases de efecto invernadero

La CEPAL (2020) indicó que la precipitación anual promedio en los países de la región integrada por México, Centroamérica, Cuba, Haití y la República Dominicana varía en un amplio rango, dependiendo de la diversidad en las condiciones topográficas. En los últimos años no se han observado cambios importantes que indiquen una mayor o menor cantidad de lluvias a nivel regional según la cita anterior, aunque sí se observa mayor variabilidad. No obstante, incluso con tendencias no significativas en la precipitación en algunos casos, el incremento en la temperatura que ha sido significativo en su mayoría, puede generar graves consecuencias en la hidrología y la disponibilidad de agua, ya que un mayor calentamiento genera aumentos en la evapotranspiración, suelos más secos y mayor aridez. Esta situación hace que el objetivo del trabajo sea predecir las normas netas totales y reducidas del riego del frijol, como medida de alerta temprana ante las condiciones de cambio climático.

## 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 período del 2017 al 2050, teniendo en cuenta la disponibilidad de los datos del clima de los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (SRES) de la línea evolutiva A2 reportados por el INSMET (2013) para Cuba, los cuales son equivalentes a las proyecciones RCP 8.5 de cambio de la temperatura media global en la superficie (MAAMA, 2015).

En 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 agrometeorológica de Güira de Melena. Tiene como coordenadas geográficas 22.47° latitud norte y 82.31° longitud oeste, a una altura sobre el nivel medio del mar de seis metros.

Los suelos que predominan en la zona son Ferralíticos Rojos con presencia de un relieve llano y con textura arcillosa del tipo 1:1 con un buen drenaje en general, además, una porosidad elevada, peso específico que fluctúa sobre los 2,7 g/cm<sup>3</sup> y la capacidad de campo sobre la base del suelo seco es de 33,9%, mientras que la densidad aparente está entre 1,0 y 1,8 g/cm<sup>3</sup>. La velocidad de infiltración oscila desde media a alta, registrándose como máxima tasa de infiltración básica de 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 Solano *et al.* (2003), por la similitud en los suelos y el clima.

Para determinar los requerimientos hídricos a futuro del cultivo del frijol común variedad bad 68, recomendado por Medina *et al.* (2015), se utilizó el programa de ordenador CROPWAT Allen *et al.* (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<sub>o</sub>) se tomaron los datos climáticos del modelo regional PRECIS, que es un sistema de modelado climático regional basado en PC, desarrollado por el Hadley Center de la Oficina de Meteorología del Reino Unido, recomendado para éstos estudios por Centella *et al.* (2008), utilizando de los SRES la familia A2, equivalentes a la información del RCP 8.5 por su carácter restrictivo.

Se utilizaron 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 radiación neta y la evapotranspiración de referencia, aplicando la ecuación de Penman- Monteith según Allen *et al.* (2006). Estas corridas para los cálculos de la ET<sub>o</sub> y de la evapotranspiración de cultivo (ET<sub>c</sub>) se hicieron año a año desde 2017 hasta 2050 e igual y se realizó para las precipitaciones totales y efectivas. Para la estimación de las normas se tomó en cuenta regar cuando el suelo llegó a su agotamiento crítico (45 % del agua totalmente disponible en el suelo), representando el nivel crítico de humedad del suelo, a partir del cual ocurre el estrés por falta de agua, afectando la evapotranspiración de cultivo y la producción y hasta la capacidad de campo del mismo.

Se utilizó para el riego un sistema de riego por aspersión con una eficiencia de aplicación de 85%. Además, se utilizó la ecuación de Pearson III NC 48-35 (1984), para determinar la probabilidad de ocurrencia, en aplicabilidad de las normas en los períodos estudiados.

El Factor de agotamiento crítico (p) representa el nivel crítico de humedad en el suelo a partir del cual ocurre estrés por falta de agua. Esto afecta a la evapotranspiración del cultivo y a su producción. Los valores se expresan como una fracción del Agua

Disponible Total (ADT) y, en general, varían entre 0,4 y 0,6, presentando valores más bajos para cultivos sensibles con sistemas radiculares superficiales bajo condiciones de alta evaporación, y valores más altos para cultivos densos, con raíces profundas y bajos índices de evaporación. Además, la fracción p es una función de la demanda de evapotranspiración de la atmósfera.

Se estimaron, además, con el programa las normas reducidas del cultivo según el manejo realizado a la E<sub>Tc</sub> para el período no crítico del frijol con reducciones del parámetro entre 90 y 70 % en las fases vegetativa y o de maduración.

Se estableció una relación entre las normas de riego y los rendimientos del frijol a tiempo real, futuro total y con reducciones de las mismas, a partir del modelo  $R=0,0071ET$  recomendado por González (2013), para un rango de ET entre 255-380 mm.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se aprecia en la Figura 1, la tendencia de las precipitaciones en la zona de estudio es a ser más reducida y variable hacia los años 2050 encontrándose en un rango entre 56 y 366 mm, con una media de los 33 años de estudios de 145 mm, mientras que la E<sub>T0</sub> se mantiene más estabilizada durante todo el período, por encima de los 400 mm, demostrándose en con éste balance negativo, que no se podrá suplir la demanda evaporativa de la atmosfera, ni aportar la suficiente humedad al suelo, para el desarrollo del cultivo de frijol. Se requiere realizar una mayor planificación y manejo del riego y con eficiencia de acuerdo a los volúmenes de disponibilidad del agua. Situaciones similares a la de Cuba se aprecian en otros países de la región caribeña y latina, según estudios con los RCP 8.5 de la CEPAL (2020).

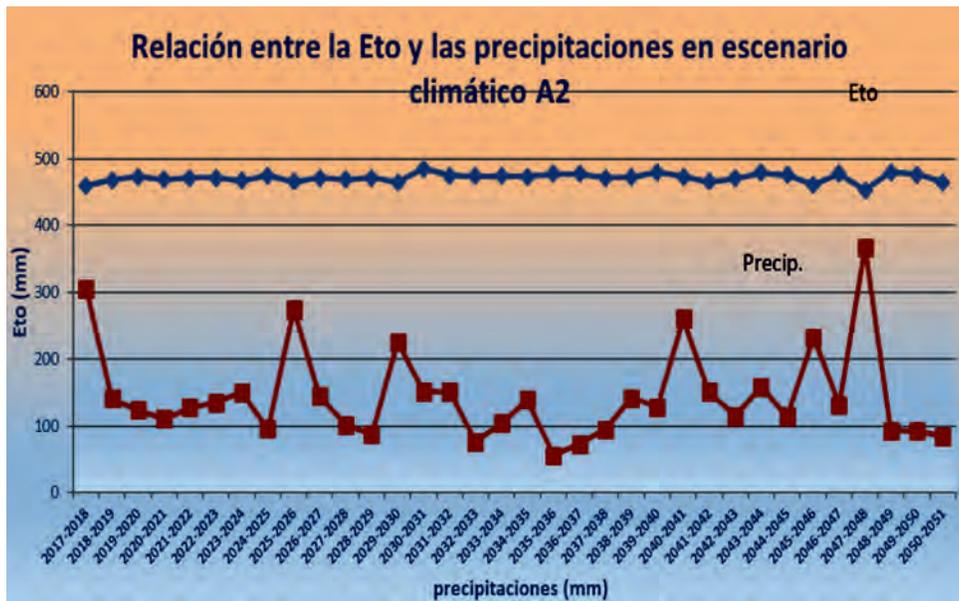


FIGURA 1. Relación entre la E<sub>T0</sub> y las precipitaciones en la región occidental.

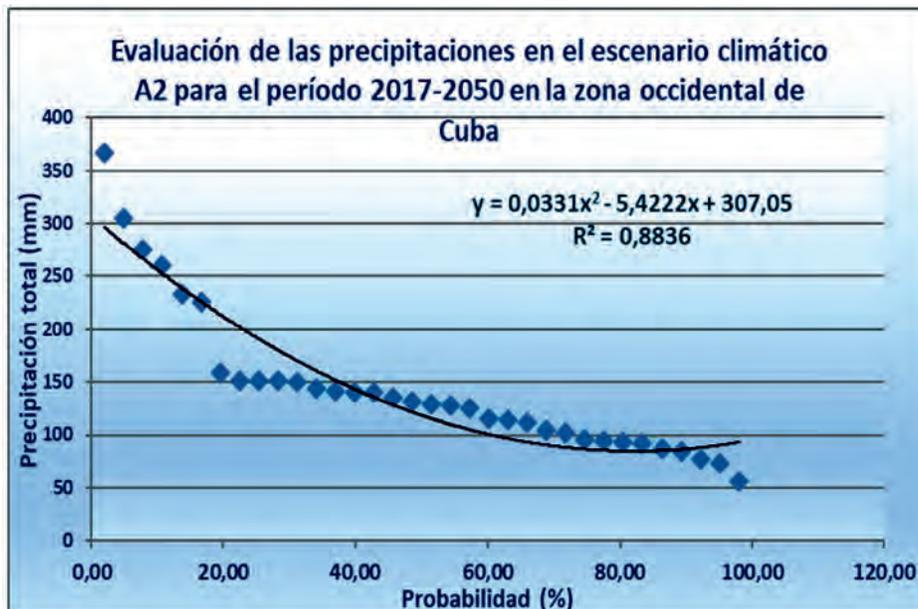


FIGURA 2. Probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones (%).

La Figura 2 refleja el comportamiento de las precipitaciones y la probabilidad de ocurrencia asociada a una ecuación polinómica,  $y=0,0331x^2-5,4222x+307,05$  con  $R^2 = 0,8836$ . De la propia figura, es preciso señalar que de todos los años caracterizados (33), se tendrán 16 de ellos entre normales, medio secos, o secos y muy secos, lo que confirma lo planteado por Planos *et al.* (2012 y 2014) sobre la variabilidad del régimen hídrico en Cuba y la necesidad de asegurar la producción con el riego, según las normas netas de los cultivos estimadas a futuro Duarte *et al.* (2017).

Como puede apreciarse en la figura 3, se determinaron las normas netas totales del frijol año a año, las cuales, independiente de la incertidumbre de los datos climáticos utilizados y del comportamiento del clima a tiempo real, podrán verificarse según pasen los años. Se comparan con las normas que hoy se aplican en la agricultura.

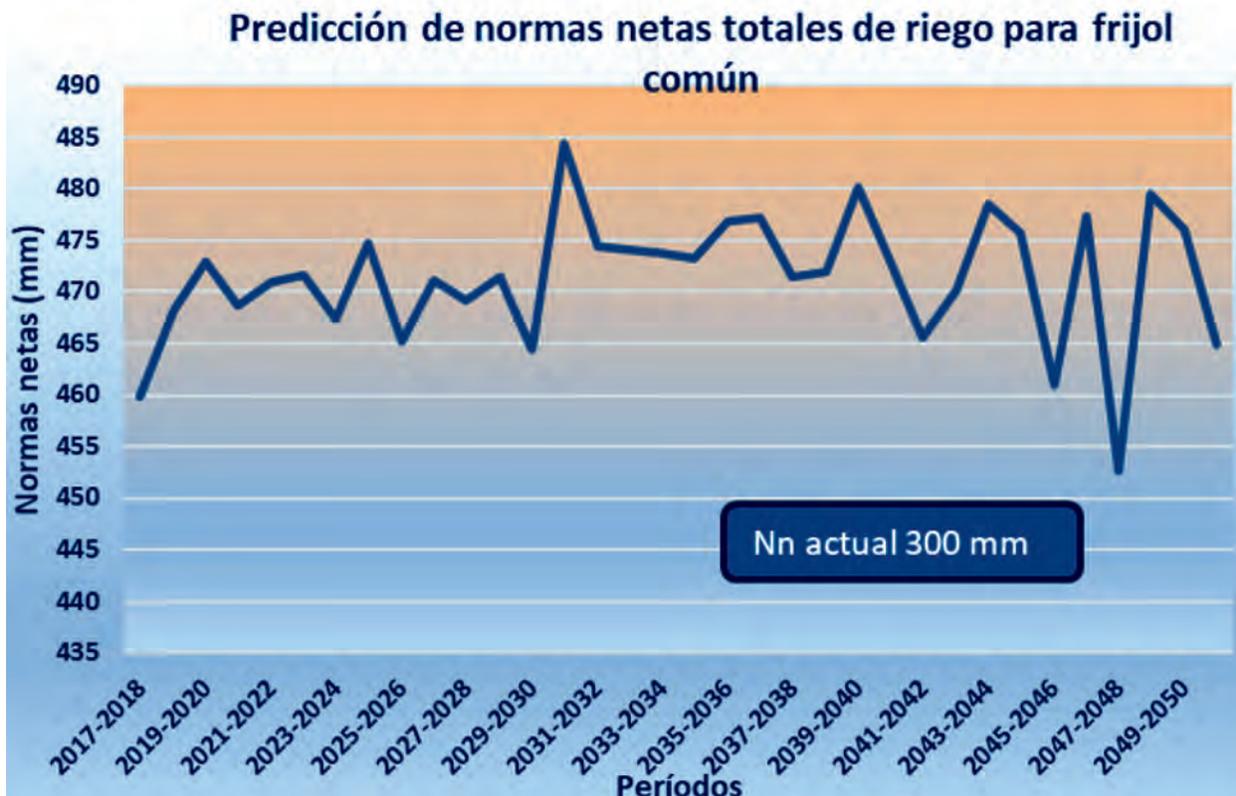


FIGURA 3. Predicción de normas netas de riego del frijol común.

La predicción de las normas netas totales de riego en el período 2017-2050, para el cultivo de frijol común (figura 3), sembrado en la zona occidental, oscilaron entre 452,7 mm - 484,4 mm, las cuales se incrementarán en 57 % en relación a las que se recomiendan por Duarte *et al.* (2015) y Duarte y Valdés (2018) y las actualmente se proponen en la Resolución 17/2020 del INRH, para las áreas agrícolas. Este incremento de las normas, unido al estimado comportamiento de que los años serán cada vez más cálidos, justifica la realización de un manejo adaptativo del sistema para lograr la producción agrícola del cultivo de frijol.

Resultados similares fueron obtenidos por Verdecia (2016), para el cultivo de tomate y por Duarte *et al.* (2017), para el cultivo de maíz con utilización de las mismas herramientas y en la misma zona occidental.

Se aprecia en la Figura 4, la probabilidad de ocurrencia de los requerimientos hídricos, vistos como las normas de riego estimadas desde el 2017 al 2050 asociada a la ecuación  $y = -0,1113x + 481,81$   $R^2 = 0,8966$ . Según el análisis realizado para la situación de variabilidad climática y efectos de sequía, con poca disponibilidad de agua cada 5 años, 4 de ellos se cubri-

rán con la norma 477,3 mm para el diseño de riego, siendo muy elevada. El comportamiento futuro estimado para la entrega de agua para el frijol, hace que se piense en un reordenamiento en la planificación y manejo del agua en el cultivo en función de la disponibilidad de agua en cada año. Los resultados coinciden con los estudios de Conde (2011) para América Latina y el Caribe sobre la probabilidad de que los recursos hídricos se vean disminuidos (entre el 10% y 30%) y la necesidad de hacer un ajuste de los mismos para la producción agrícola.

Se hace un ajuste de la norma neta de riego total en función de la evapotranspiración del frijol, reduciendo la misma a un 90, 85, 80 y 70 % en las fases vegetativa y o de maduración según se requiera, consideradas como las menos críticas para la reducción del agua para el riego.

Se comparan las normas netas totales del frijol tomando períodos de 10 años, para reducir la incertidumbre de los datos y obtener valores menos erróneos. Se evalúan de conjunto con las estimadas a futuro de forma reducida.

La Tabla 1 muestra, las variaciones de las normas netas de riego reducidas con valores que van desde 400.72 mm hasta 311.67 en la menor reducción.

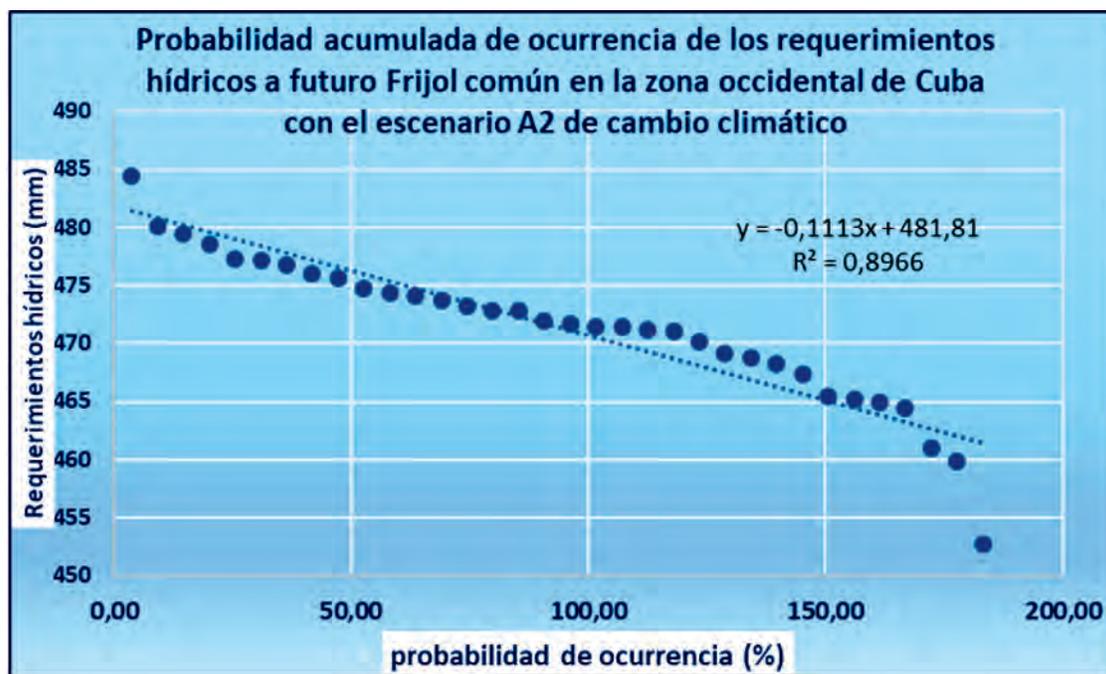


FIGURA 4. Probabilidad de ocurrencia de los requerimientos hídricos del frijol.

TABLA 1. Comparación entre las normas netas de riego actuales, a futuro y las reducidas, del cultivo de frijol aplicable en la zona occidental de Cuba

Cultivo	Período	Norma actual (mm)	Norma a futuro (mm)	Diferencia (mm)	Norma reducida (90 % Etc)	Norma reducida (85 % Etc)	Norma reducida (80 % Etc)	Norma reducida (70 % Etc)	
Frijol Bat 68	2017-2026	300,0	468,70	168,7 (56,8%)	421,83	398,39	374,96	328,09	
	2027-2036		426,90	126,9 (42,3%)	384,21	362,86	371,52	298,83	
	2037-2050			440,13	140,1 (46,7%)	396,12	374,11	352,10	308,09
				445,24		400,72	378,46	356,19	311,67

Se observa que la propia Tabla 1 constituye una propuesta de alternativa para el manejo del agua en el cultivo de frijol. Es preciso tener en cuenta que hay que convivir con las manifestaciones del clima cambiante en Cuba y sobretodo en la época de mayor actividad agrícola, considerada como fecha óptima de siembra.

Las normas estimadas a futuro en todos los casos sobrepasan a las que en la actualidad se utilizan, por lo que es necesario asumir los cambios según la mayor viabilidad y menor disminución de la producción agrícola de acuerdo con lo evaluado por Conde (2011) sobre los decrecimientos en la productividad en función de los cambios locales de temperatura a futuro entre 1-2 °C previsto incluso para Cuba según Bezanilla *et al.* (2016) y hasta a superior a 3 °C en otros casos, es probable que la productividad disminuya en la mayoría de las regiones del planeta.

En éste sentido se ha evaluado el rendimiento en función de la Etc estimada a futuro. El valor del rendimiento potencial del frijol para la norma actual (300 mm) es de 2,13 t ha<sup>-1</sup> la cual coincide con el rendimiento a obtener con la norma neta total estimada promediada en 445,24 mm para los próximos años hasta 2050.

Los rendimientos estimados a partir de las reducciones de la Etc, oscilan entre 1,91 y 1,49 t ha<sup>-1</sup>, encontrándose en el rango propuesto por Doorenbos y Kassam (1986) de 1,5 a 2,0 t ha<sup>-1</sup> y además, está muy cercano a los obtenidos en el cultivo para las condiciones de Cuba que es de 1,6 a 2,98 t ha<sup>-1</sup> según González *et al.* (2013) para Etc del frijol entre 280 y 380 mm. Los resultados indican que las alternativas pueden ser válidas para la sostenibilidad de la producción agrícola de frijol común.

La propuesta constituye la implementación de una medida de adaptación que permitirá a corto y mediano plazo, hacer un manejo de adaptación en los recursos hídricos, en función del clima cambiante sin afectar sensiblemente el rendimiento del cultivo del frijol común.

## CONCLUSIONES

- La predicción de las normas netas totales de riego del frijol, estimadas en el período 2017-2050, se promedian en 445,24 mm con incrementos en más del 40% en relación con la norma neta actual, cuestión de suma importancia a tener

- en cuenta por la poca disponibilidad de agua que se predice según el cambio climático, con independencia de la incertidumbre de los métodos empleados.
- La tendencia de las precipitaciones en la zona de estudio es a ser más reducida y variable hacia los años 2050 en un rango entre 56 y 366 mm, con una media de los 33 años de estudios de 145 mm, mientras que la ETo se mantiene más estabilizada durante todo el período, por encima de los 400 mm, lo cual permitirá realizar estrategias para la planificación y uso eficiente del agua para el riego
  - La probabilidad de ocurrencia de los requerimientos hídricos del frijol común estimados desde el 2017 al 2050 está asociada a la ecuación  $y = -0,1113x + 481,81$ , con  $R^2 = 0,8966$ , indicando la frecuencia de aplicación de la norma neta total de riego cada 4 años climáticos.
  - El rendimiento potencial del frijol común Bag 68, para la norma neta de riego total estimada y promediada en 445,24 mm para los próximos años hasta 2050 es de 2,13 t ha<sup>-1</sup>. Los rendimientos estimados a partir de las reducciones de la Etc, se encuentran en el rango de 1,91 a 1,49 t ha<sup>-1</sup>.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, G.R.; PEREIRA, S.L.; RAES, D.; SMITH, M.: *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, Ed. FAO, Estudio FAO Riego y Drenaje 56 ed. vol. 56, pp. 300, ISBN-92-5-304219-2, Roma, Italia, 2006.
- BEZANILLA, A.; CENTELLA, A.; BORRAJERO, I.; ROQUE, A.; DIAZ, Y.: *Generación de escenario climáticos a futuro de alta resolución sobre Cuba, el Caribe y territorios adyacente. Informe de Resultado Científico, Programa Nacional Asociado "El Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación"*, Instituto de Meteorología, 45pp., La Habana, Cuba, 2016.
- CENTELLA, A.; BEZANILLA, A.; LESLIE, K.: "A study of the uncertainty in future Caribbean climate using the PRECIS regional climate model", *Community Caribbean Climate Change Center Tech. Rep.*, 2008.
- CEPAL, N.: *Análisis espacial de datos históricos y escenarios de cambio climático en México, Centroamérica, Cuba, Haití y la República Dominicana*, CEPAL, Naciones Unidas, 2020.
- CID, L.G.; LÓPEZ, S.T.; GONZÁLEZ, R.F.; HERRERA, P.J.; RUIZ, P.M.E.: "Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-2306-1545, e-ISSN: 2227-8761, 2(2): 25-31, 2012.
- CONDE, C.A.C.: *Agricultura y Cambio Climático. Métodos y Propuestas para estudios de Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación. Centro de Ciencias de la Atmósfera*, UNAM. Foro Técnico: Programa de Agricultura, Manejo de Recursos Naturales y Cambio Climático, San José, Costa Rica, 2011.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H.: "Yield response to water. Irrigation and Drainage", In: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, pp. 193, Rome, Italy, 1986.
- 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", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 5(4): 46-51, 2015.
- DUARTE, D.C.E.; HERRERA, P.J.; ZAMORA, H.E.: "Predicción de las normas netas de riego a futuro en el pronóstico de riego", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 7(3): 3-10, 2017.
- DUARTE, D.C.E.; VALDÉS, P.J.: "Predicción de normas netas de riego del frijol común en la zona occidental de Cuba", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 8(2): 41-47, 2018.
- GAERTNER, M.Á.; GUTIÉRREZ, J.M.; CASTRO, M.: "Escenarios regionales de cambio climático.", *Revista Española de Física*, ISSN-0213-862X, 26(2): 34-41, 2011.
- GONZÁLEZ, R.F.: *Funciones agua-rendimiento para cultivos de importancia agrícola en Cuba*, 140pp., Tesis (en opción al grado científico de DrC.), Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", La Habana, Cuba, 2013.
- GONZÁLEZ, R.F.; HERRERA, P.J.; LÓPEZ, S.T.; CID, L.G.: "Funciones agua rendimiento para 14 cultivos agrícolas en condiciones del sur de La Habana", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-1010-2760, e-ISSN: 2071-0054, 22(3): 5-11, 2013.
- HEVIS, G.G.; RIVEROL, M.H.; VARGAS, C.R. del C.; SÁNCHEZ, T.E.G.; DUARTE, D.C.E.; GONZÁLEZ, R.F.; HERRERA, P.J.: "Evaluación de los recursos hídricos en la cuenca San Diego ante escenarios de cambio climático", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 9(2): 21-31, 2019.
- INSMET: *Segunda Comunicación Nacional de la República de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas*, Instituto de Meteorología (INSMET), La Habana, Cuba, 2013.
- MAAMA: *Materiales contenidos en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC, Grupo de Trabajo II*, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAAMA) (Fundación Biodiversidad, Oficina Española de Cambio Climático, Agencia Estatal de Meteorología, Centro Nacional de Educación Ambiental), 2015.
- MARTÍNEZ, A.P.F.; PATIÑO, G.C.: *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México*, Ed. IMTA, ISBN-968-5536-91-0, 2007.
- MEDINA, M.S. de J.; MORA, L.M.; EGIDO, R.M.; FERNÁNDEZ, G.O.; FERNANDEZ, Q.E.; VALDÉS, R.G.; CABAÑAS, G.A.; CÁRDENAS, M.: "Nuevas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) para la Empresa Agropecuaria "Valle del Yabú", Santa Clara, Cuba", *Centro Agrícola*, ISSN-2072-2001, 42(4): 89-91, 2015.
- NC 48-35 *Determinación de la lluvia máxima diaria.*, Oficina Nacional de Normalización (NC), 30pp., La Habana, Cuba, 1984.
- SOLANO, O.; MENÉNDEZ, C.; VÁZQUEZ, R.; MENÉNDEZ, J.; MARTIN, M.: "Estudio de la evapotranspiración de referencia en Cuba", *Revista Cubana de Meteorología*, 10(1): 33-38, 2003.
- VARGAS, R. del C.; SÁNCHEZ, G.; ROLÓN, J.: "Proyecciones de cambio en la precipitación mediante Vías De Concentración Representativas a Nivel Cuenca", *Universidad Autónoma de Tamaulipas*, 1-16, México, 2012.

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*, 59pp., Tesis (en opción al título de Ingeniero Hidráulico), Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE), Marianao, La Habana, Cuba, 2016.

*Carmen E. Duarte-Díaz*, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric). Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: [carmen.duarte@boyeros.iagric.cu](mailto: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](mailto: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](mailto:julian.herrera@boyeros.iagric.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1015-6661>

*Felicita González-Robaina*, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana. Cuba. e-mail: [felicita.gonzalez@boyeros.iagric.cu](mailto:felicita.gonzalez@boyeros.iagric.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8245-4070>

*Yoima Chaterlán-Durruthy*, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana. Cuba. e-mail: [yoima.chaterlan@boyeros.iagric.cu](mailto:yoima.chaterlan@boyeros.iagric.cu) ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8453-3394>

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.

