

## RIEGO Y DRENAJE

### ARTÍCULO ORIGINAL

# Predicción de normas netas de riego del frijol común en la zona occidental de Cuba

## *Prediction of the net norms irrigation of the common bean in the western area of Cuba*

Dr.C. Carmen E. Duarte-Díaz, Ing. Pedro J. Valdés, Dr.C. Julián Herrera-Puebla, M.Sc. 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 frijol común en el periodo óptimo de siembra de octubre a diciembre a cultivarse en la zona occidental de Cuba, a partir de la predicción de las normas netas de riego a futuro en función de la variabilidad y el cambio climático. El trabajo se realizó en el periodo 2017-2050 y se utilizó como herramienta el programa computacional CROPWAT. Los datos utilizados se tomaron del Modelo Regional Precip using como referencia para el estudio datos mensuales del Echem para los escenarios A2 y B2. Los resultados de la caracterización climática en los dos casos mostraron que la ocurrencia de las precipitaciones para la zona de estudio posee una tendencia a ser cada vez más reducidas y que se ajustan a una ecuación logarítmica negativa con coeficientes de determinación  $R^2$  de 0.96 para el A2 y 0.95 para el B2 en una serie de 34 años donde en la mayoría de ellos la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) supera a las precipitaciones con excepción de 5 periodos en cada una, mostrándose una proyección donde el clima se supone ser cada vez más severo y más árido en su comportamiento, para lo cual debe tenerse en cuenta la aplicación del riego durante todo el periodo de forma adaptiva, según la disponibilidad de agua que se tenga. 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 (300 mm) ya que se estimaron como media entre 484,4 mm para A2 y 470,9 mm para el B2, con incrementos de 61 % y 57 % respectivamente, lo que corroboró la necesidad de estos estudios para acondicionar la disponibilidad del agua al posible volumen de producción de frijol común, estableciendo propuestas de estrategias de riego en esta zona productiva.

**Palabras clave:** necesidades hídricas, escenarios climáticos, evapotranspiración.

**ABSTRACT.** The results are presented on the estimates of the irrigations requirements of the common bean crop in the best period of sowing from October to December in the occidental part of Cuba, whose general objective consisted on carrying out the prediction of the net norms or irrigation to future in function of the variability and climatic change. The work was carried out from 2017 to 2050 and it was used as tool the computing program CROPWAT. The data used were taken from the Regional Pattern Précis using like reference for the study monthly data of the Echem for the scenarios A2 and B2. The results of the climatic characterization in the two cases, showed that the occurrence of the precipitations for the study area has a tendency to be more and more reduced and that they are adjusted to an logarithmic negative equation with coefficients of determination  $R^2$  of 0.96 for the A2 and 0.95 for the B2 in a 34 years series. In most of the series the reference evapotranspiration ( $ET_0$ ) overcomes the precipitations except for 5 periods in each of them, being shown a projection where the climate is supposed to be more and more severe and more arid in its behavior. For that reason should be kept in mind the application of the irrigations during the whole period in an adaptive way according to the availability of water. For the prediction of the net norms it was appreciated that the same ones have values above those actually used for the common bean (300 mm) since they were considered like medians among 484.4 mm for A2 and 470.9 mm for the B2, with increments of 61 % and 57 % respectively. This corroborates the necessity of these studies to condition the availability of water to the possible amount of production of common bean, establishing an efficient use of water.

**Keywords:** irrigation necessities, climatic sceneries, evapotranspiration.

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

El INRH, (2015), 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 hm<sup>3</sup>) del total del país mientras y que ya en el 2010 y 2011 este porcentaje asciende a 44% (3521,524 hm<sup>3</sup>) y 47% (4169,681 hm<sup>3</sup>) 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 imponen 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 (*Nuevas normas netas de riego para los cultivos agrícolas en Cuba. 2015*).

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 millones m<sup>3</sup> y más del 60% son utilizados en la agricultura y de ellos más del

90% en el riego de los cultivos agrícolas, en un área bajo riego que es solo cerca del 9% del área cultivada, según Herrera *et al.* (2011). Si se tiene en cuenta lo antes mencionado de la tendencia a la disminución en cantidad y calidad del recurso agua, se puede identificar 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 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.

Resulta de utilidad para estos estudios 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 usan en los modelos climáticos como elemento introducido para el cálculo de proyecciones climáticas.

De igual forma las líneas evolutivas (A2 y B2) utilizadas, donde se aprecia un escenario severo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) A2, perteneciente a la familia de la Echam, seleccionado porque considera una economía regional, es muy utilizado para estimar el posible impacto del cambio climático sobre la sociedad y el medio ambiente. Este escenario al igual que el B2 (menos restrictivo que el anterior), que considera las soluciones locales dirigida a la sostenibilidad económica, social y ambiental, con un desarrollo económico-tecnológico lento, visto como una representación plausible del clima futuro, 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).

La utilización y actualización de programas de cómputos como el Cropwat (FAO, 2006), para la modelación de los sistemas agrícolas permiten ajustar las normas netas de riego para la zona occidental de Cuba durante un período 2017-2050, en función de los pronósticos de variabilidad climática en el país que sean capaces de suplir las necesidades hídricas del frijol negro, con la utilización de los datos climatológicos mensuales del Modelo PRECIS tomando como referencia el Echam para el escenario A2 y B2.

Para el desarrollo de la investigación se ha definido como objetivo realizar las predicciones de las normas netas de riego a futuro del cultivo de frijol común en la zona de Alquizar en función de la variabilidad y cambio climático.

## 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 de las líneas evolutivas A2 y B2 reportados por el INSMET (2013) para Cuba.

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 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.

Las temperaturas en la zona son del orden de los 23 hasta los 30° C, con una temperatura media anual que oscila entre 23-25°C, ocasionada por la presencia de un relieve totalmente llano.

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, un peso específico que fluctúa alrededor de 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.

Para determinar los requerimientos hídricos a futuro del cultivo del frijol común recomendado por Martínez *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 utilizando los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero A2 y B2, los cuales 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. 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 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..

Se analizaron también año a año las precipitaciones, se calcularon las precipitaciones efectivas y se evaluaron sus comportamientos para cada escenario. Las precipitaciones totales se procesaron y se evaluaron para definir las características de los años climáticos. Se utilizó la norma cubana (NC48-35) (1984) "Determinación de la lluvia máxima diaria" para caracterizar los años según la probabilidad de ocurrencia y definir en el período de estudio los años muy húmedos, húmedos, medios húmedos, medios y secos sobre la probabilidad del 10, 25, 50 y 75% respectivamente, utilizando la ecuación de Pearson III. (NC 48-35, 1984)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) y la precipitación total del período 2017-2050 de la zona de occidental de Cuba

Se realizó el análisis que permitió evaluar el comportamiento del año representado por el período de siembra óptima del frijol (septiembre-enero) para las variables ET<sub>o</sub> y precipitaciones.

Se presentan los datos en las Figuras 2 y 3 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 frijol, y además, conocer la disponibilidad de agua con que se cuenta para establecer el manejo hídrico más adecuado sin afectar la producción del grano.

Se realizó un estudio de la probabilidad de ocurrencia de la lluvia para igual período lo que permitió clasificar los años, el cual se encuentra en la Figura 3.

### Comparación entre la evapotranspiración de referencia calculada para el escenario A2 y el B2 para igual zona occidental

La Figura 1, muestra el comportamiento que tendrá la evapotranspiración de referencia calculada desde los escenarios A2 y B2. Se aprecia que en los 34 años del estudio la tendencia es que la ET<sub>o</sub> para A2 tendrá un valor total de 78,32 mm y 2.30 mm·día<sup>-1</sup> como promedio y si se realiza un análisis año a año se aprecia que en casi todos sobrepasa a los de la ET<sub>o</sub> B2, la cual posee igual comportamiento pero valor de 76,97 mm totales y 2,26 mm·día<sup>-1</sup> como promedio. Se establece una diferencia de 1,2 % de las pérdidas de agua, por demanda evaporativa de la atmósfera proporcionada por la ET<sub>o</sub> A2 en relación con la B2.

Esto ocurre, probablemente porque las variables climáticas que dieron origen a la evapotranspiración de referencia tuvieron mayores valores en el escenario A2 (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento e insolación), que las variables del B2, aunque éstas no se reflejen independientes en el documento.

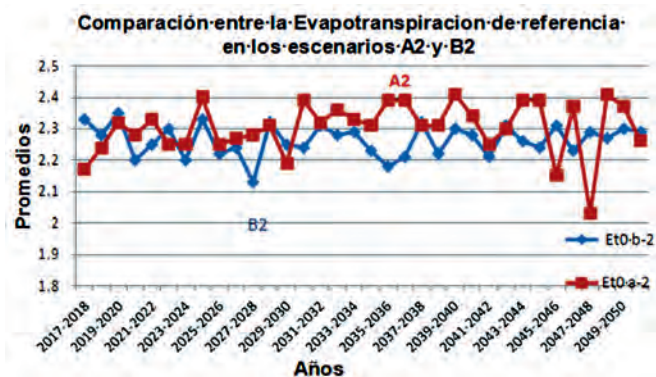


FIGURA 1. Evapotranspiración de referencia para los escenarios de emisiones A2 y B2 en la zona de occidental de Cuba.

Resultados similares, fueron encontrados por Álvarez *et al.* (2015), en trabajos realizados en la Cuenca Mayabeque donde se evidencia que el clima está sufriendo modificaciones que apuntan hacia la aparición de los efectos de un cambio climático global y que según las proyecciones de los escenarios A2 y B2, se presentará un clima cada vez más árido provocado por el incremento de las temperaturas y disminución de las precipitaciones lo que conlleva al aumento de la evapotranspiración de referencia.

### Relación entre la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) y la precipitación total del período 2017-2050 en la zona occidental

La Figura 2, muestra la tendencia entre el año 2017 y el 2050 en el comportamiento entre la evapotranspiración de referencia y las precipitaciones evaluadas año a año. Se aprecia que la ET<sub>o</sub>-A2 para casi todos los años se encuentran por encima de la curva de la precipitación, lo que indica que con excepción de los períodos 2017-18, 2025-26, 2029-30, 2043-44 y 2045-46 representando solo el 14% de los 34 años analizados, no representa un aporte hídrico que supere la demanda climática.



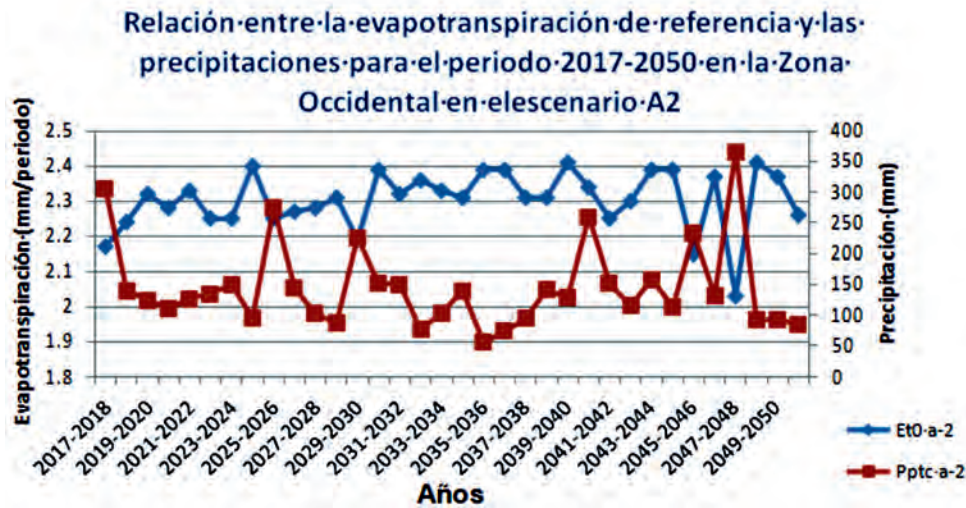


FIGURA 2. Relación entre la evapotranspiración de referencia y precipitaciones en A2 para período 2017- 2050

Las precipitaciones se mantienen en un rango de 56 a 366 mm como valor mínimo y máximo respectivamente durante todo el período evaluado y que con excepción de los 5 años señalados anteriormente la media está sobre los 145 mm, lo cual no contribuye con el aporte necesario para cubrir las necesidades hídricas del frijol.

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.

Similar comportamiento se observó en la Figura 3, en la que se presentan los resultados de la evapotranspiración de referencia y las precipitaciones según información del escenario B2.

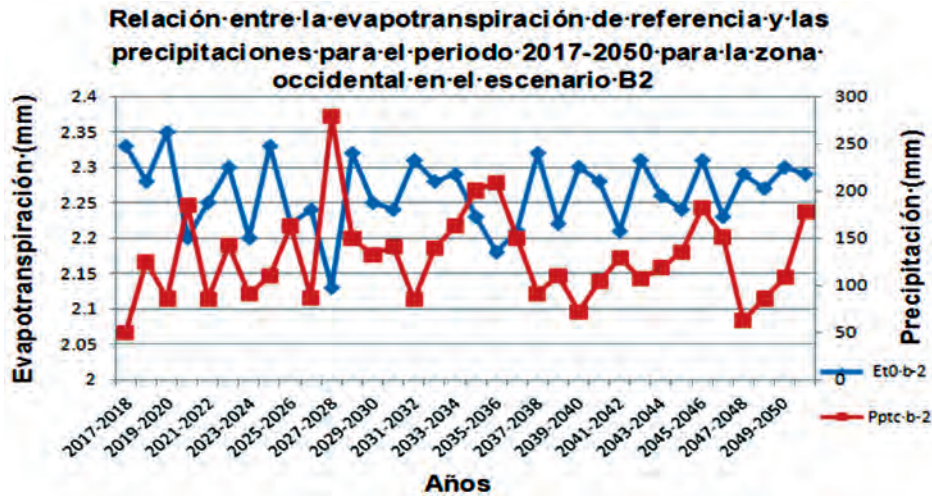


FIGURA 3. Relación entre la evapotranspiración de referencia y precipitaciones en B2 para período 2017- 2050.

Se aprecia que al igual que en la Figura 2, la tendencia es que la ETo estimada sobrepase a las precipitaciones, aun cuando las ETo son menores que las encontradas para el A2. En la figura mencionada se tiene la tendencia entre el año 2017 y el 2050 en el comportamiento entre la evapotranspiración de referencia y las precipitaciones evaluadas año a año. Se aprecia que la ETo-B2 para casi todos los años se encuentra por encima de la curva de la precipitación, lo que indica que con excepción de los períodos 2020-21, 2025-26, 2027-28, 2034-35 y 2035-36 representando solo el 14 % de los 34 años analizados, no representa un aporte hídrico que supere la demanda climática.

Las precipitaciones se mantienen en un rango de 49 a 278 mm como valor mínimo y máximo respectivamente durante todo el período evaluado y que con excepción de los 5 años

señalados anteriormente la media está sobre los 129 mm, lo cual no contribuye con el aporte necesario para cubrir las necesidades hídricas del frijol y difiere de la media alcanzada en las precipitaciones del escenario A2.

Es preciso resumir que en los dos escenarios existen similitudes tales como que en ambos casos durante 5 años de toda la serie analizada las precipitaciones serán mayores que la evapotranspiración de referencia representando el 14% del total. Además el periodo 2025-2026 tiene un efecto común en el comportamiento de la Eto y las precipitaciones.

En la mayoría de los años estudiados tanto las precipitaciones como Eto tienden a ser mayores en el escenario A2.

Sin embargo, estos resultados no coinciden con lo obtenido el estudio realizado por Planos (2014), en la determinación

del balance hídrico anual de la región occidental utilizando el Modelo HADAM 3P para el escenario SRES- B2.

En la Figura 4 mediante el análisis de las precipitaciones, se puede apreciar también que existe una relación negativa asociada a

una ecuación logarítmica  $y = -75,31 \ln(x) + 419,09$  con un coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,96$ ) que define el comportamiento según la probabilidad de ocurrencia y que permitirá ser usada para el caso de que se requiera buscar algún dato faltante en la serie que se tiene.

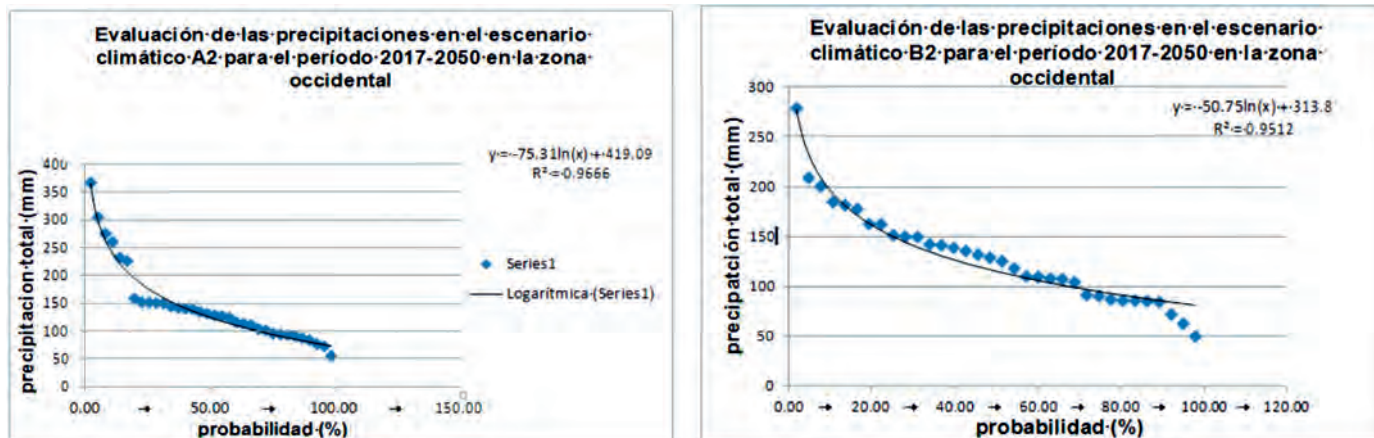


FIGURA 4. Evaluación de las precipitaciones en el escenario A2 y B2 en el periodo 2017-2050 en la zona occidental.

En el análisis de la probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones de la Figura 4 correspondiente al B2, se aprecia que existe una relación negativa asociada a una ecuación logarítmica  $y = -50,75 \ln(x) + 313,8$  con un coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,95$ ) que define el comportamiento según la probabilidad de ocurrencia y que permitirá ser usada para el caso de que se requiera buscar algún dato faltante en la serie que se tiene. Igual tendencia se aprecia en el análisis anterior del escenario A2.

De la evaluación de las Figuras 3 y 4 se pudo elaborar la Tabla 1, la cual representa la clasificación de todos los años climáticos según se proyectarán en los próximos 34 años, utilizando la metodología de (Pérez, 1992) por su contenido hídrico. Es preciso señalar que de todos los años caracterizados (34), se tendrán 16 períodos entre normales, medio secos, o secos y muy secos, lo que confirmó lo planteado por Planos et al. (2012), sobre la variabilidad del régimen hídrico en Cuba y que debe asegurarse con el riego según las normas netas que se estimaron a futuro. El resto de los años serán muy húmedos, húmedos

y a pesar de este comportamiento según la relación entre las precipitaciones y la evapotranspiración no se puede decir que las demandas hídricas del cultivo de frijol puedan ser suplidas por las mismas. Además, en la misma Tabla 1, se completa el análisis anterior combinado a las Figuras 8 y 9, de las precipitaciones, las cuales se pueden clasificar como de período muy húmedo (2017-18, 2025-26 y 2047-48) para el escenario A2 y (2027-28, 2034-35 y 2035-2036) para el escenario B2, coincidiendo en 3 años aunque representan diferentes etapas, período húmedo (2029-30, 2030-31, 2040-41, 2043-44 y 2045-46) para A2 y para B2 los años (2020-21, 2025-26, 2033-34, 2045-46 y 2050-51) coinciden en ambos escenarios que son 5 años y en el periodo 2045-2046.

La clasificación de año medio húmedo se establece en 9 periodos de la serie y se igualan para 2022-23 y 2041-42 en los 2 escenarios, sin embargo, en el escenario A2 hay un comportamiento igual desde el 2022 hasta el 2024 y en el B2 desde el 2028 hasta el 2031 continuado.

TABLA 1. Clasificación de los años en la zona occidental, según la probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones según Pérez (1992), para el escenario A2 y B2

Escenarios	Períodos muy húmedos	Períodos húmedos	Períodos medio húmedo	Períodos medio normal	Períodos medio seco o seco	Período muy seco
A2	2017-18	2029-30	2018-19	2019-20	2028-29	2032-33
	2025-26	2030-31	2022-23	2020-21	2037-38	2035-36
	2047-48	2040-41	2023-24	2021-22	2048-49	2036-37
		2043-44	2026-27	2024-25	2049-50	
		2045-46	2031-32	2027-28	2050-51	
			2034-35	2033-34		
			2038-39	2039-40		
			2041-42	2042-43		
			2046-47	2044-45		

Escenarios	Períodos muy húmedos	Períodos húmedos	Períodos medio húmedo	Períodos medio normal	Períodos medio seco o seco	Período muy seco
B2	2027-28	2020-21	2022-23	2018-19	2019-20	2017-18
	2034-35	2025-26	2028-29	2023-24	2021-22	2039-40
	2035-36	2033-34	2029-30	2024-25	2026-27	2047-48
		2045-46	2030-31	2037-38	2031-32	
		2050-51	2032-33	2038-39	2048-49	
			2036-37	2040-41		
			2041-42	2042-43		
			2044-45	2043-44		
			2046-47	2049-50		

El año medio normal cuenta también con 9 años donde se igualan para 2024- 25 y 2042-43 para ambos escenarios, donde en el A2 hay un comportamiento continuo desde 2019 al 2021 y en el B2 del 2023 hasta 2025, del 2037 al 2039 y del 2042 al 2044, para el año medio seco o seco se cuenta con 5 años como coincidencia en los 2 escenarios y para el año 2048-49, en particular, para el A2 existió una secuencia desde el 2049 hasta el 2051 y para la clasificación de año muy seco se tienen 3 años para cada escenario aunque de diferentes épocas.

En la Figura 5 se muestran las normas netas de riego estimadas para el cultivo del frijol en cada escenario climático. Se aprecia que en el escenario A2 la norma neta oscila entre un mínimo de 452,7 mm y un máximo de 484,4 mm y en el escenario B2 las normas fluctúan entre 457,4 mm y 470,9 mm con una diferencia de la media entre ambas de 4.4 mm para el periodo desde 2017 al 2050, a corto y mediano plazo. Aunque en sentido general no difieren mucho en valor absoluto con las variables climáticas del A2, la norma neta de riego fue superada en 4.4 mm, lo que representa 44 m<sup>3</sup>/ha en cada riego.

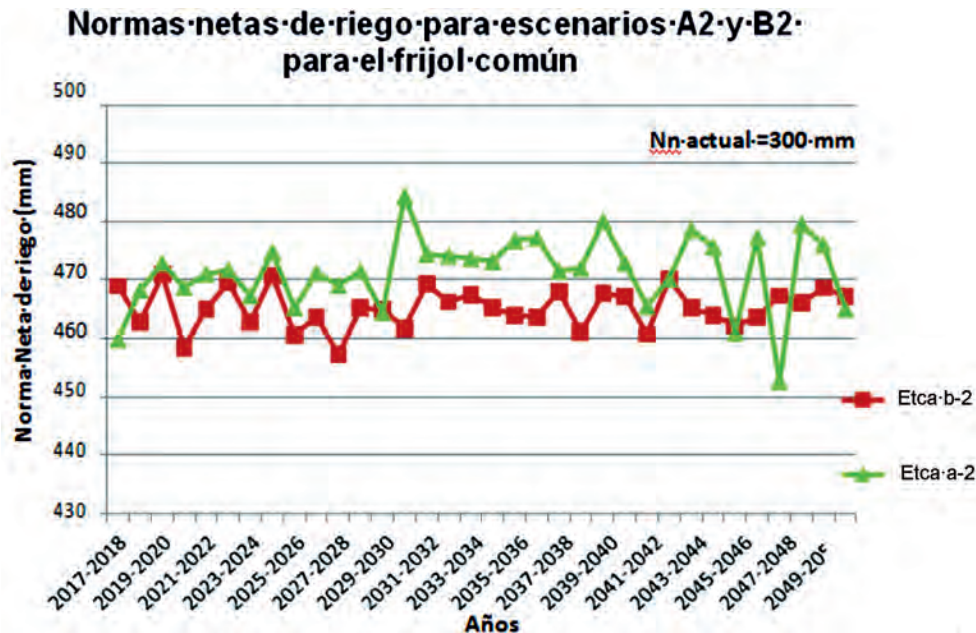


FIGURA.5. Normas netas de riego del frijol común estimadas en los escenarios A2 y B2.

El comportamiento a tener en cuenta con la estimación de las normas netas del frijol año a año difiere de las normas netas actuales para la zona occidental, la cual es del orden de los 300 mm, lo que permitirá predecir que la tendencia a que los años sean cada vez más secos aumentará la norma neta en más de 100 mm con respecto a lo que actualmente se utiliza, con incrementos del 57 al 61% por encima de lo utilizado en la actualidad, recomendadas por Duarte *et al.* (2015). Resultados similares fueron obtenidos por Verdecia (2016), para el cultivo de tomate y por Duarte *et al.* (2017), para el cultivo del maíz con la utilización de las mismas herramientas y en la misma zona occidental. En sentido general es preciso considerar este conocimiento 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 frijol en los próximos años.



## CONCLUSIONES

- La predicción de las normas netas de riego en el período 2017-2050, para el cultivo de frijol sembrado en la zona occidental, permite definir que oscilarán entre 452,7 mm - 484,4 mm para su estimación en el escenario A2 y entre 457,4 mm - 470,9 mm para el escenario B2, las normas fluctúan y se incrementarán entre 57 y 61% en relación a las que actualmente se utilizan.
- La evapotranspiración de referencia estimada con informa-

ción de los escenarios A2 y B2 arrojó que su comportamiento tiene similar tendencia a incrementarse, con un efecto común en el periodo 2025-2026 y donde en solo 5 años de toda la serie analizada las precipitaciones serán mayores que éstas, representando el 14% del total de los años analizados.

- Las normas netas de riego estimadas para el cultivo de frijol común de la zona occidental necesitarán la predicción de un manejo hídrico adaptativo por las diferencias estimadas en más del 55% con respecto a la norma de riego actual que se utiliza para el desarrollo productivo del cultivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M: *Evapotranspiración de Cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, edit. Estudio FAO Riego y Drenaje 56, Ed. FAO, Roma, 2006. ISBN-92-5-304219-2.
- ALVARES, A-, O. SOLANO, G. FEBLES, V. TORRES, L., DIAS: *La variabilidad climática y análisis de contextos futuros de cambio climático en la cuenca Mayabeque, Cuba*. Instituto de Ciencia Animal. Apartado Postal 24, San José de Las Lajas, Mayabeque [en línea] 2015, Disponible en: [www.iga.cu/publicaciones/revista/assets/10-variabilidad-climática-cauto-final.pdf](http://www.iga.cu/publicaciones/revista/assets/10-variabilidad-climática-cauto-final.pdf) [Consulta: enero 22 2017].
- CENTELLA, A., LLANES, J., PAZ, L., LÓPEZ, C., & Limia, M.: *Informe de síntesis de la Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. 2001, pag. 44. [en línea] 2001, Disponible en: [Vol 1 num 1 pag 1-51 - AgEcon Search](http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/) <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/> [Consulta: enero 22 2017].
- CID, G, T. LOPEZ, F. GONZALES, J. HERRERA, M. E. RUIZ: “Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba”. *Revista Ingeniería Agrícola*, Vol. (2) No (2): 25-31, 2012. ISSN: 2306-1545, E-ISSN: **2227-8761**.
- DUARTE D. C, J. HERRERA, T. LÓPEZ, F. GONZÁLEZ, y E. ZAMORA. Nuevas normas netas de riego para los cultivos agrícolas en Cuba, *Revista Ingeniería Agrícola*, Vol. (5) No (4), pp 46-51, 2015. ISSN: 2306-1545, E-ISSN: **2227-8761**.
- DUARTE D. C, J. HERRERA, y E. ZAMORA. Predicción de las normas netas a futuro para el pronóstico de riego de los cultivos. *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: **2227-8761**, Vol. (7) No (3), (julio-agosto-septiembre) pp 3-10, 2017.
- FAO. CROPWAT, versión 8.0. Roma [en línea] 2009, Disponible en: [www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/](http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/) [Consulta: enero 22 2017].
- HERRERA, J., C. DUARTE, F. GONZÁLEZ, G. CID: Efecto del exceso de humedad del suelo sobre el rendimiento en algunos cultivos de importancia agrícola en Cuba, *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(2): 3-7, 2016. ISSN: 2306-1545, E-ISSN: **2227-8761**,
- HERRERA, P.J; T. LÓPEZ, y GONZÁLEZ F. “El Uso del agua en la Agricultura en Cuba.” *Revista Ingeniería Agrícola*, 1(1): 3-7, 2011. ISSN: 2306-1545, E-ISSN: **2227-8761**.
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS (INRH). *Boletín hidrológico [en línea] 2015*, Disponible en: <http://www.hidro.cu/> [Consulta: enero 22 2017].
- MARTÍNEZ. S. J. M. LEIVA, M. RODRÍGUEZ, O. GÓMEZ, E. QUINTERO, G., RODRÍGUEZ, A. GARCÍA y M. CÁRDENAS: “Nuevas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) para la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”, Santa Clara”. *Revista Centro Agrícola* Vol. (42) No (4). Cuba 2015. ISSN: 0253-5785.
- Nuevas normas netas de riego para los cultivos agrícolas en Cuba [en línea] 2015*, Disponible en: [http://dima.chapingo.mx/revista/Vol\\_5\\_n\\_4\\_2015/pdf/IA09415.pdf](http://dima.chapingo.mx/revista/Vol_5_n_4_2015/pdf/IA09415.pdf) [Consulta: enero 22 2017].
- PLANOS, EDUARDO O.: “Síntesis Informativa Sobre Impactos del Cambio Climático Y Medidas De Adaptación En Cuba” Editorial AMA, 2014. ISBN: 978-959-300-044-4.
- PLANOS, O. EDUARDO, R. RIVERO, y V. GUEVARA: *Resumen Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. En el marco de la Segunda Comunicación Nacional al Convenio Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 147pp.*, [en línea] 2012, Disponible en: [www.redciencia.cu/.../2012\\_Planos\\_Impacto%20y%20Adaptacion.%20Libro.pdf](http://www.redciencia.cu/.../2012_Planos_Impacto%20y%20Adaptacion.%20Libro.pdf) [Consulta: enero 22 2017].
- 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 del título de Ingeniero Hidráulico La Habana 2016 [en línea] 2016*, Disponible en: <http://tesis.cujae.edu.cu:8080/xmlui/handle/123456789/5510> [Consulta: enero 22 2017].

**Recibido:** 13/09/2017.

**Aprobado:** 28/02/2018.

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

Pedro J. Valdés, Correo electrónico: [jdptoriego@iagric.cu](mailto:jdptoriego@iagric.cu)

Julián Herrera Puebla, Correo electrónico: [direccioninvest1@iagric.cu](mailto:direccioninvest1@iagric.cu)

Elisa Zamora-Herrera, Correo electrónico: [dptoriego6@iagric.cu](mailto:dptoriego6@iagric.cu)

Nota: 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.