

Estimación de la demanda de agua para el riego en tres polos arroceros de Cuba

Water demand estimation for irrigation in three rice poles in Cuba

 Enrique Cisneros-Zayas*,  Julián Herrera-Puebla,  Reinaldo Cun-González,
 Felicita González-Robaina,  Yoima Chaterlan-Durruthy and  Calixto Domínguez-Vento

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba.

*Autor para correspondencia: Enrique Cisneros-Zayas,
 e-mail: enrique.cisneros@iagric.minag.gob.cu , cisneroszayasenrique@gmail.com

RESUMEN: En Cuba el arroz consume más del 30% del agua total demandada por los cultivos en el Ministerio de la Agricultura. Teniendo en cuenta las actuales condiciones de clima unido a las nuevas variedades de arroz, se desarrolla el presente trabajo con la finalidad de conocer las normas netas totales de riego para un ciclo de siembra medio (130 días) y probabilidades de ocurrencia de las precipitaciones en tres polos arroceros de Cuba. Para ello fue necesario realizar un estudio hidrológico de los sitios de trabajo que permitió la caracterización de los años húmedo, medio y seco a partir de los cuales se definieron las variables climáticas que interviene en la determinación de la evapotranspiración de referencia, se identificaron los coeficientes de cultivo por fases de desarrollo y los parámetros hidráulicos de funcionamiento de los suelos en los polos analizados para su corrida en el programa *CropWat*. A partir del estudio quedaron definidos los años húmedo, medio y seco teniendo en cuenta las probabilidades, se logró precisar que las normas netas totales varían en función del tipo de suelo, clima y ciclo de vida del cultivo estando en el rango para un año medio (50% probabilidad) en la época *diciembre-mayo* (876,59 y los 1016,47mm), *mayo-septiembre* (1006,98 y 1035,97 mm) y en la *julio-octubre* (1011,27 y 1022,97 mm). Al compararlas con las que propone la *Resolución 7/2020 del INRH* para las mismas zonas de estudio (10500 mm) son inferiores, comparadas con las mayores normas obtenidas, en un 9,6; 9,8 y 9,7%, respectivamente.

Palabras clave: necesidades hídricas, evapotranspiración del cultivo, precipitaciones, suelos.

ABSTRACT: In Cuba, rice consumes more than 30% of the total water demanded by crops in the Ministry of Agriculture. Taking into account the current climate conditions together with the new rice varieties, the present work is developed with the purpose of knowing the total net irrigation requirements for an average sowing cycle (130 days) and probabilities of occurrence of rainfall in three rice poles of Cuba. For this purpose, it was necessary to carry out a hydrological study of the work sites that allowed the characterization of the wet, medium and dry years from which the climatic variables involved in the determination of the reference evapotranspiration were defined, the crop coefficients were identified by development phases and the hydraulic parameters of soil functioning in the poles analyzed for their run in the *CropWat* program. From the study, the wet, medium and dry years were defined taking into account the probabilities, it was possible to specify that the total net standards vary according to the type of soil, climate and crop life cycle, being in the range for a medium year (50% probability) in the *December-May* period (876,59 and 1016,47 mm), *May-September* (1006,98 and 1035,97 mm) and *July-October* (1011,27 and 1022,97 mm). When compared to those proposed by *INRH Resolution 7/2020* for the same study areas (10500 mm), they are lower, compared to the highest standards obtained, by 9,6; 9,8 and 9,7%, respectively.

Keywords: Water Requirements, Crop Evapotranspiration, Rainfall, Soils.

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oriza sativa* L) es el alimento básico del 75% de la población mundial y uno de los cultivos más importantes en el mundo (Gharsallah et al., 2023; Vijayakumar et al., 2022).

Cuba es uno de los países con mayor índice de consumo con valores de alrededor de 72 kg per cápita por año según Rodríguez et al. (2020) y ocupa solo el 7,6% de los 2 733,5 Millones de ha de tierra cultivadas en Cuba

(ONEI-Cuba, 2021); sin embargo, utiliza alrededor del 30% del total de agua demandada anualmente para el riego de los cultivos agrícolas en el país (Herrera et al., 2011).

El balance hídrico del campo arrocero, a diferencia de otros cultivos, va más allá de determinar las diferencias entre la evapotranspiración del cultivo (ETc) y lluvias aprovechables ya que otros factores, como la tasa de percolación del suelo y la evaporación desde la superficie del agua retenida en la terraza, determina la cuantía de la norma de riego a aplicar al cultivo. Bouman et al. (2017),

Recibido: 20/06/2024

Aceptado: 16/12/2024

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

AUTHOR CONTRIBUTIONS: **Conceptualization:** E. Cisneros, J. Herrera, R. Cun, F. González. **Data curation:** E. Cisneros, F. González, Y. Chaterlán; C. Domínguez. **Formal analysis:** E. Cisneros, J. Herrera; F. González. **Investigation:** E. Cisneros, J. Herrera, R. Cun, F. González, Y. Chaterlán; C. Domínguez. **Methodology:** E. Cisneros, F. González. **Software:** E. Cisneros, F. González, C. Domínguez. **Supervision:** E. Cisneros, J. Herrera, R. Cun, F. González. **Validation:** E. Cisneros, J. Herrera, F. González. **Writing-original draft:** E. Cisneros, J. Herrera, F. González. **Writing-review & editing:** E. Cisneros, J. Herrera, F. González, Y. Chaterlán; C. Domínguez



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



han señalado que las demandas de agua para el arroz (lluvia + riego) para las condiciones del continente asiático, varían entre 400 mm en suelos arcillosos pesados con manto freático superficial, que suministra directamente agua para la transpiración) hasta más de 2000 mm en suelos loan arenosos con manto freático profundo.

Los consumos de agua netos en el arroz según Steduto et al. (2012), fluctúan entre 8 000 y 10 000 m³ ha⁻¹. En Cuba, las demandas de agua en el arroz se realizan sobre la base de una norma bruta de 17 400 m³ ha⁻¹ y se calcula sobre la base de una eficiencia global del sistema que fluctúa entre 0,68 para la región occidental y central y 0,70 para la oriental según INRH-Cuba (2020), lo cual debiera indicar una norma neta de 11 832 y 12 180 m³ ha⁻¹ para la región oriental - central y occidental respectivamente.

Teniendo en cuenta las actuales condiciones de clima unido a las nuevas variedades de arroz se desarrolla el presente trabajo con la finalidad de conocer las normas netas totales de riego para un ciclo de siembra medio (130 días) y probabilidades de ocurrencia de las precipitaciones en tres polos arroceros de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en tres polos arroceros de interés y donde además existen dos centros de investigación (INCA “Los Palacios” y “Corojoal” perteneciente al Instituto de Investigaciones de Granos), vinculados al cultivo que permiten definir cuál de las nuevas variedades desarrolladas es la más promisoria para la determinación de las necesidades hídricas por su alto potencial productivo. En la Figura 1 aparece los sitios de trabajo.



FIGURA 1. Ubicación de los polos arroceros en estudio.

Para la obtención del resultado se trabajó en la caracterización de las precipitaciones para las diferentes regiones de estudio con una serie histórica de 13 años (2008-2020) tomadas del boletín Agro meteorológico del INSMET (Instituto de Meteorología) (2020), lo que permite definir que se realizarán balances de agua en función de los años hidrológicos, de la probabilidad de ocurrencia, por tipos suelos y épocas de siembra.

Para la selección de los años hidrológicos por sitio se determinó la probabilidad empírica a partir de la expresión 1:

$$P = (m - 0.3/n + 0.4) \times 100 \quad (1)$$

donde:

m: número de orden.

n: número de miembros de la serie.

Se clasificaron cada uno de los años de la serie en función de su probabilidad y para cada época de siembra del cultivo. El de probabilidad 25% denota un escenario húmedo, el 50% medio y 75% seco, según Pérez y Álvarez (2005).

Para la estimación de la ET₀ se trabajó con un ciclo de siembra medio (130 días) y se tuvo en cuenta además las épocas de siembra más utilizadas en Cuba que aparecen en el instructivo técnico del cultivo del arroz para los diferentes polos productivos (Tabla 1) según el Instituto de Investigaciones de Granos (2020) las cuales resultaron ser las siguientes:

Tabla 1. Épocas de siembra y duración del ciclo vegetativo

Época de siembra	Duración en días
Diciembre - mayo	
Mayo - septiembre	130
Julio - octubre	

Definición de los coeficientes de cultivo para los polos arroceros del país

Teniendo en cuenta que la evapotranspiración es el principal componente del balance de agua en el arroz (Haofang et al., 2017); se realizó un estudio de los trabajos de investigación en ese sentido de diferentes zonas arroceras del mundo y en Cuba, teniendo en cuenta las diferentes épocas de siembra, variedades y fases de desarrollo. En el proyecto se tomó como referencia para la determinación de las normas netas y totales en los diferentes polos productivos los resultados de Herrera et al. (2020). Donde se relacionó las fases de cultivo según Maqueira (2014), con los grados días de calor acumulado (GDCA °C) donde el mismo autor describe el desarrollo de la planta de arroz a través de tres fases y 10 etapas, mientras que el programa CropWat 8.0 FAO, utiliza cuatro etapas definidas como inicial, desarrollo, medio y fin de temporada con Kc para las etapas inicial, medio y final (Herbha et al., 2008). Los coeficientes de cultivo (Kc) se muestran en la Tabla 2.

TABLA 2. Coeficientes de cultivo del arroz ajustados según Herrera et al. (2020)

Fases de desarrollo	Kc
Inicial (GDCA 505 ±5)	0,8
Vegetativa (GDA 1299 ±21)	1,2
Reproductiva (GDCA 2136 ±98)	1,4
Final (GDCA 2555 ±168)	1,3

Como parte del trabajo fueron agrupados los suelos según la 2^{da} Clasificación genética según el Instituto de Suelos (1980) para resumir los parámetros a emplear por grupo de suelos y polo productivo arrocero en la estimación de las necesidades de riego.

TABLA 3. Resume los parámetros a emplear por grupo de suelos y polo productivo arrocero (Herrera et al. 2020)

Parámetro	Grupo I Matanzas, Sancti Spiritus, Gramma.	Grupo II Artemisa, Mayabeque.	Grupo III Pinar del Río, Camagüey.
Humedad Total disponible en el suelo (CC-CM, mm/m)	270	250	170
Tasa máxima de infiltración de la lluvia (mm/día)	17	17	43
Profundidad radicular máxima del cultivo (cm)	50	50	50
Agotamiento inicial de la humedad del suelo (como % de ADT (%))	100	100	100
Humedad del suelo inicialmente disponible (mm/m)	0	0	0
Porosidad drenable (SAT-CC) %	5	9	9
Agotamiento crítico para grietas del fangueo (fracción)	0,6	0,6	0,6
Tasa máxima de percolación después del fangueo (mm/día)	2.6	2.6	2.6
Disponibilidad de agua a la siembra (% de saturación)	0	0	0
Altura máxima de la lámina de agua (mm)	100	100	100

Toda esta información fue tabulada en una base de datos en formato Excel y condensada según las categorías de suelos mostradas en la **Tabla 3** luego de lo cual se conformaron los ficheros del módulo suelo para el arroz del programa *CropWat*, lo que permite trabajar para cualquier zona del país según los suelos presentes en la misma.

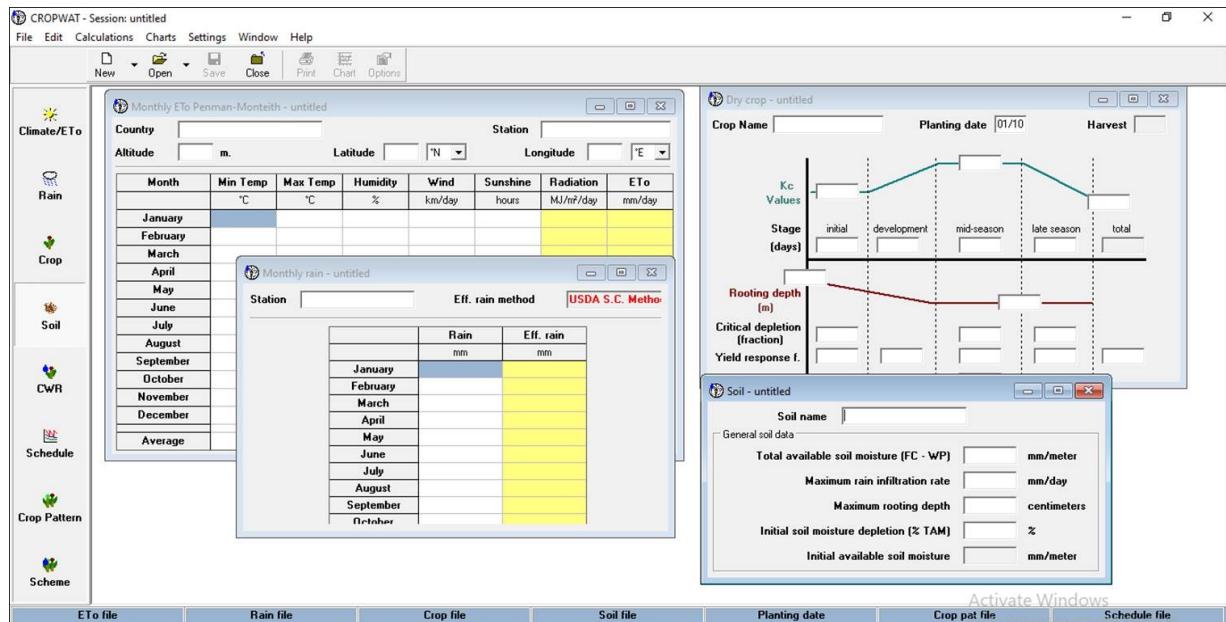
Para la estimación de las normas netas totales se utilizó la herramienta *CropWat* versión 8.0, este software permite gestionar programas de riego tanto en condiciones de secano como de irrigación, por lo que se empleó para determinar la evapotranspiración de referencia ya que utiliza el método de la FAO Penman-Monteith.

Entre las características que presenta este programa se encuentran:

- Entrada de datos climáticos en versión mensual, decenal y diaria para el cálculo de la ET_0 .
- Posibilidad de estimar los datos climáticos en caso de no contar con los valores medidos.

- Cálculos diarios y decenal de los requerimientos de agua del cultivo.
- Programaciones de riego ajustables e interactivas con el usuario.
- Tablas de balances diarios de agua en el suelo.

El programa *CropWat* se organiza en ocho módulos diferentes, de los cuales cinco son módulos de datos de entrada y tres son módulos de cálculo. Estos módulos son accesibles a través del menú principal, pero se pueden acceder más fácilmente a través de la Barra de módulos que está permanentemente visible en la parte izquierda de la ventana principal (**Figura 1**). Esto permite al usuario combinar fácilmente diferentes datos climáticos, de cultivo y de suelo para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos, la programación de riego y la entrega de agua en esquemas multiculturales.

**FIGURA 1.** Ventana principal del *CropWat* versión 8.0, con módulos del software que permiten determinar la evapotranspiración de referencia, la precipitación efectiva a partir de los coeficientes de cultivo por fases y tipo de suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio hidrológico de los diferentes polos arroceros de Cuba

Del estudio hidrológico de los sitios de trabajo se logró definir los años húmedo, medio y seco de los cuales se procesaron las variables climáticas que intervienen en la determinación de la evapotranspiración de referencia y la precipitación efectiva para su posterior corrida en la herramienta de programación *CropWat*. En la **Tabla 4** se presentan los años hidrológicos y precipitación efectiva por épocas de siembra.

Como se observa en la tabla los mayores valores de precipitación se encuentran en el sitio “Los Palacios”, seguidos del “Corojal” y los valores más bajos en el sitio “Sur del Jíbaro”, como detalle se tiene que para un mismo año hidrológico presentan diferentes valores de precipitación efectiva y esto se debe fundamentalmente a los meses que incluyen las diferentes épocas de siembra.

Normas netas totales de riego por sitios para diferentes épocas de siembra y probabilidad de ocurrencia de la lluvia

Una vez realizada las corridas en el programa *CropWat* se tienen los requerimientos de agua del cultivo (RAC) para cada sitio, año según probabilidad y época de siembra.

Se muestra continuación los requerimientos hídricos estimados del arroz para un ciclo de vida de 130 días y las tres épocas de siembra (*diciembre-mayo*; *mayo-septiembre* y *julio-octubre*), teniendo en cuenta los años hidrológicos del 25, 50 y 75% probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones en los polos arroceros “Los Palacios” (Pinar del Rio), “Corojal” (Artemisa) y “Sur del Jíbaro” (Santi Espíritus).

En la **Tabla 5** se tiene que para la época *diciembre-mayo* las normas varían entre los 887,77 mm para el sitio del “Sur del Jíbaro” y los 1027,78 mm, mientras que para “Los Palacios” las normas netas totales están en el rango de 1023,88 para un año seco y los 1011,87 mm para un año húmedo. Cuando se analizan las precipitaciones estas normas son menores cuando los aportes por lluvia son mayores. Los consumos de agua netos en el arroz según **Steduto et al. (2012)**, las necesidades de riego del arroz fluctúan entre 8 000 y 10 000 m³ ha⁻¹.

La evapotranspiración del cultivo (ETc) total para la época de estudio mostró diferente comportamiento en dependencia de la zona, donde los mayores valores se tienen en el “Sur de Jíbaro” con un valor de 540,1 mm para el 75% de probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones.

Realizando similar análisis para la época *mayo-septiembre* en la **Tabla 6** se muestra que las normas netas son superiores en los tres polos donde estas varían entre 897,52 mm en el “Corojal” para un año húmedo y los 1152,45 mm en “Los Palacios” para un año seco.

Los valores de ETc indican similar comportamiento. Resultados informados por **Bouman & Tuong (2001)** refieren que alrededor de 1300 -1500 mm son valores típicos para el riego del arroz en Asia.

Para la tercera época de siembra *julio-octubre* las normas netas muestran un comportamiento muy similar en los tres polos arroceros, donde los menores se tienen para un año húmedo y los mayores valores para un año seco. En este sentido en el polo arrocero “Los Palacios” para satisfacer las necesidades del cultivo son necesarios 1147,77 mm (**Tabla 7**).

TABLA 4. Resumen de la distribución de los años hidrológicos y precipitación efectiva anual (mm) por épocas de siembra

Sitio	Diciembre - Mayo			Mayo - septiembre			Julio - octubre		
	Húmedo 25%	Medio 50%	Seco 75%	Húmedo 25%	Medio 50%	Seco 75%	Húmedo 25%	Medio 50%	Seco 75%
“Los Palacios”	2010 1012,6	2014 915,6	2015 900,5	2008 1046,6	2012 1021,9	2015 552,6	2016 1007,6	2012 992,6	2015 905,6
“Corojal”	2010 985,8	2013 829,0	2009 780,7	2019 865,8	2010 864,0	2013 821,8	2012 981,0	2018 904,2	2013 821,8
“Sur del Jíbaro”	2016 792,6	2020 758,9	2008 753,6	2012 909,9	2008 920,4	2014 847,6	2009 920,4	2010 879,4	2013 794,1

TABLA 5. Requerimientos de agua del arroz para cada sitio estudiado, en función de las probabilidades de ocurrencia de precipitaciones para la época 1 de siembra (*diciembre-mayo*) 130 días

Sitio	Probabilidad Precipitación (%)	Lluvia efectiva (mm)	ETc (mm)	Norma neta total (mm)	Pérdidas por percolación total (mm)
“Los Palacios” Pinar del Rio	25	345,0	454,3	1011,87	572,1
	50	332,8	467,2	1016,47	593,1
	75	256,3	493,4	1023,88	580,4
“Corojal” Artemisa	25	389,1	471,8	767,39	465,7
	50	370,0	479,7	876,59	430,0
	75	287,0	488,0	891,80	415,5
“Sur del Jíbaro” Santi Espíritus	25	470,9	514,9	887,77	520,4
	50	202,7	537,6	1012,58	407,7
	75	150,9	540,1	1027,78	411,8

TABLA 6. Requerimientos de agua del arroz para cada sitio estudiado, en función de las probabilidades de ocurrencia de precipitaciones para la segunda época de siembra (*mayo-septiembre*) 130 días

Sitio	Probabilidad Precipitación (%)	Lluvia efectiva (mm)	ETc (mm)	Norma neta total (mm)	Pérdidas por percolación total (mm)
“Los Palacios” Pinar del Rio	25	958,2	454,3	1023,49	590,0
	50	807,7	467,2	1024,79	596,2
	75	798,9	493,0	1152,45	611,4
“Corojal” Artemisa	25	894,3	471,8	897,52	456,5
	50	796,4	479,7	1006,98	450,6
	75	687,0	488,0	1030,12	450,1
“Sur del Jíbaro” Santi Espíritus	25	1153,3	514,9	1016,34	413,5
	50	878,4	537,6	1035,97	433,8
	75	706,0	540,1	1137,76	437,2

Tabla 7. Requerimientos de agua del arroz para cada sitio estudiado, en función de las probabilidades de ocurrencia de precipitaciones para la tercera época de siembra (*julio-octubre*) 130 días

Sitio	Probabilidad Precipitación (%)	Lluvia efectiva (mm)	ETc (mm)	Norma neta total (mm)	Pérdidas por percolación total (mm)
“Los Palacios” Pinar del Rio	25	1071,6	454,0	894,92	554,1
	50	860,3	467,2	1011,27	578,9
	75	734,4	493,4	1147,77	580,4
“Corojal” Artemisa	25	936,8	471,8	882,31	456,5
	50	884,4	479,7	1013,74	453,6
	75	621,0	488,0	1030,12	479,4
“Sur del Jíbaro” Santi Espíritus	25	936,8	514,9	908,57	434,1
	50	848,2	537,6	1022,97	400,0
	75	623,1	540,1	1035,32	434,5

Menezes et al. (2013) señalaron que entre los años 1970-1980, en el estado de Rio Grande do Soul, en Brasil se aplicaban normas de riego al arroz entre 14 a 16 mil $m^3 ha^{-1}$ y obtenían rendimientos de 4 t ha^{-1} , sin embargo, reportan estos mismos autores, con los cambios realizados en la tecnología de producción de arroz, en particular el manejo del agua, se logró disminuir la norma entre 10 000 a 8 000 $m^3 ha^{-1}$, mientras los rendimientos se incrementaron hasta 8 a 10 t ha^{-1} .

CONCLUSIONES

A partir del estudio se logró precisar que las normas netas totales del arroz varían en función del tipo de suelo, clima y ciclo de vida del cultivo estando en el rango para un año medio (50%) en la época *diciembre-mayo* (876,59 y los 1016,47mm), *mayo-septiembre* (1006,98 y 1035,97 mm) y la *julio-octubre* (1011,27 y 1022,97 mm) al compararlas con las que propone la Resolución 17/2020 del INRH para las mismas zonas (10500 mm) son inferiores, comparadas con las mayores normas obtenidas, en un 9,6; 9,8 y 9,7%, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bouman, B., Lanpayan, R. M., & Tuong, T. P. (2017). *Water management in irrigated rice: Coping with water scarcity*. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Bouman, B., Lanpayan, R. M., & Tuong, T. P. (2001). Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. *Agricultural water management*, 49(1), 11-30, ISSN: 0378-3774, Publisher: Elsevier.
- Gharsallah, O., Rienzner, M., Mayer, A., Tkachenko, D., Corsi, S., Vuciterna, R., Romani, M., Ricciardelli, A., Cadei, E., & Trevisan, M. (2023). Economic, environmental, and social sustainability of Alternate Wetting and Drying irrigation for rice in northern Italy. *Frontiers in Water*, 5, 1213047, ISSN: 2624-9375, Publisher: Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1213047>
- Haofang, Y., Chuan, Z., Oue, H., Guangjie, P., & Darko, R. O. (2017). Determination of crop and soil evaporation coefficients for estimating evapotranspiration in a paddy field. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 10(4), Article 4.
- Herbha, N., Vora, H., & Kunapara, A. N. (2008). *Irrigation Scheduling of Maize Crop in Panchmahal Region of Middle Gujarat Using FAO-CROPWAT 8.0*. FAO.
- Herrera, P. J., López, S. T., & González, R. F. (2011). Sobre el uso del agua en la agricultura en Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*, 1(1), Article 1.
- Herrera, P. J., Meneses, P. J., Duarte, D. C., González, R. F., & Hervís, G. G. (2020). Determinación del coeficiente de cultivo para la estimación de la

- evapotranspiración del arroz en Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 29(3), 5-20, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, Publisher: 1986, Universidad Agraria de La Habana.
- INRH-Cuba. (2020). *Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Resolución 17/2020 (GOC-2020-557-O61)* (p. 35). Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, La Habana, Cuba.
- INSMET (Instituto de Meteorología). (2020). *Boletín Agrometeorológico Nacional (AGROMET)*. ISSN: 1029-2055, Publisher: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente Cuba.
- Instituto de Investigaciones de Granos. (2008). *Instructivos Técnicos del Cultivo del Arroz, Instituto de investigaciones del Arroz, Centro Nacional de Sanidad Vegetal*. Imprenta EAS-MINAG, La Habana, Cuba.
- Instituto de Suelos. (1980). *Clasificación genética de los suelos de Cuba*. Academia, La Habana, Cuba.
- Maqueira, L. L. A. (2014). *Relación de los procesos fisiológicos del desarrollo y de variables meteorológicas, con la formación del rendimiento en el cultivo del arroz (*Oryza sativa L.*) en Los Palacios, Pinar del Río* [PhD. Thesis]. Universidad Agraria de La Habana (UNAH), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
- Menezes, V., Anghinoni, I., Silva, P., Macedo, V., Petry, C., Grohs, D., Freitas, T., & Valente, L. (2013). *Projeto 10-Management strategies to increase productivity and sustainability of irrigated rice growth in the state of Rio Grande do Sul, Brazil: Developments and new challenges*. Porto Alegre: Companhia Rio Grandense de Artes Gráficas, Cachoeirinha: IRGA/ Estação Experimental de Arroz.
- ONEI-Cuba. (2021). *Anuario Estadístico de Cuba. 2021. Capítulo 9. Agricultura, Ganadería, Sivicultura y Pesca* (pp. 482, ISBN: 978-959-7119-62-63). Oficina Nacional de Estadística e Información, ONEI, La Habana, Cuba.
- Rodríguez, G. O., Florido, B. R., Varela, N. M., González, V. D., Vázquez, M. R., Maqueira, L. L. A., & Morejón, R. R. (2020). Aplicación de la herramienta de modelación DSSAT para estimar la dosis óptima de fertilizante nitrogenado para la variedad de arroz J-104. *Cultivos Tropicales*, 41(2), e01. ISSN: impreso: 2058-5936, ISSN: digital: 1819-4087, Publisher: Ediciones INCA.
- Steduto, P., Raes, D., Hsiao, T. C., & Fereres, E. (2012). *Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua*. Estudio FAO Riego y Drenaje 66.
- Vijayakumar, S., Choudhary, A. K., Deiveegan, M., Thirumalaikumar, R., & Kumar, R. M. (2022). Android based mobile application for rice crop management. *Chronicle of Bioresource Management*, 6 (Mar, 1), 019-024.

Enrique Cisneros-Zayas. Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353a.

Julián Herrera-Puebla. Dr.C., Investigador Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353. E-mail: julian.herrera@iagric.minag.gob.cu.

Reinaldo Cun-González. Inv. Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353. E-mail: reinaldo.cun@iagric.minag.gob.cu.

Felicita González-Robaina. Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353. E-mail: felicita.gonzalez@iagric.minag.gob.cu.

Yoima Chaterlán Durruthy. Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353. E-mail: yoima.chaterlan@iagric.minag.gob.cu.

Calixto Domínguez-Vento. Dr.C., Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353. E-mail: calixtodomminguez1986@gmail.com.

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.