

# Balance hídrico del suelo como herramienta para la planificación de labores en áreas agropecuarias de la provincia de Holguín

## *Soil water balancelike tool for planning the labours in livestock areas of the province of Holguín*

Juan Alejandro Villazón Gómez<sup>1\*</sup>, Pavel Noris Noris<sup>2</sup>,  
Ranses J. Vázquez Montenegro<sup>3</sup>

### RESUMEN

El balance hídrico del suelo constituye una vía adecuada para un manejo racional del agua que permita obtener rendimientos agrícolas acordes a las necesidades crecientes de alimentos de la población mundial. El trabajo se desarrolló con el objetivo de determinar los meses con excedente o con déficit hídrico, mediante la elaboración del balance hídrico mensual, que permita la planificación de labores en áreas agropecuarias de la provincia de Holguín. Se tomaron los datos de cuatro estaciones meteorológicas (La Jíquima, Guaro, Pinares de Mayarí y Velasco) y se determinó la lluvia mensual promedio entre el período 1975-2017 y la evapotranspiración mensual promedio (1975-2015) mediante el método de FAO Penman-Monteith. El balance hídrico se realizó a partir de la metodología propuesta por Thornthwaite y Mather. En La Jíquima y Velasco existen dos períodos de déficit (520 mm año<sup>-1</sup> durante ocho meses y 382 mm año<sup>-1</sup> en siete meses, respectivamente), alternados con dos lapsos (de dos meses cada uno en ambas estaciones) de excedente más almacenamiento. En Velasco los excedentes son superiores, con el mes de noviembre con posibilidades de usar las reservas de agua. En Guaro se observó el período más prolongado de déficit hídrico por la cantidad de meses y su distribución intranual ininterrumpida. Durante estos nueve meses se acumuló un déficit de 507 mm año<sup>-1</sup>. En Pinares de Mayarí hubo cuatro meses de déficit (diciembre-marzo), con 101 mm año<sup>-1</sup>. Los mayores acumulados de excedentes se encontraron en esta localidad, con 552 mm año<sup>-1</sup>, entre los meses mayo-noviembre.

**Palabras clave:** gestión hídrica, evapotranspiración, riego.

### ABSTRACT

*The water balance of the soil constitutes an adequate way for a rational water management that allows to obtain agricultural yields according to the growing food needs of the world population. The work was developed with the objective of determining the months with surplus or water deficit by preparing the monthly water balance that allows the planning of labours in agricultural areas of the province of Holguin. Data were taken from four meteorological stations (La Jíquima, Guaro, Pinares de Mayarí and Velasco) and the average monthly rainfall between the 1975-2017 periods and the average monthly evapotranspiration (1975-2015) was determined using the FAO Penman-Monteith method. The water balance was made based on the methodology proposed by Thornthwaite and Mather. In La Jíquima and Velasco there are two deficit periods (520 mm year<sup>-1</sup> during eight months and 382 mm year<sup>-1</sup> in seven months, respectively), alternated with two periods (two months each in both seasons) of surplus plus storage. In Velasco surpluses are higher, with the month of November with possibilities to make use of water reserves. In Guaro, the longest period of water deficit was observed for the number of months and its uninterrupted intranual distribution. During these nine months a deficit of 507 mm year<sup>-1</sup> accumulated. In Pinares de Mayarí there were four months of deficit (december-march), with 101 mm year<sup>-1</sup>. The largest accumulated surplus was found in this locality, with 552 mm year<sup>-1</sup>, between the months may-november.*

**Keywords:** water management, evapotranspiration, irrigation.

<sup>1</sup> Universidad de Holguín. Sede José de la Luz y Caballero, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Centro de Estudios para Agroecosistemas Áridos (CEAAR), Av. de los Libertadores, Km 3½, Holguín, Cuba.

<sup>2</sup> Centro Provincial de Meteorología, Delegación Provincial del Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Holguín, Cuba.

<sup>3</sup> Instituto de Meteorología, Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), La Habana, Cuba.

\* Autor por correspondencia: villazon@uho.edu.cu

## Introducción

Las áreas agrícolas ubicadas en los trópicos se caracterizan, de forma general, por la alternancia anual de períodos secos y húmedos y por la falta de coincidencia entre las lluvias y las necesidades hídricas de los cultivos (Olivares *et al.*, 2017). Cuando la cantidad de agua que ingresa procedente de las precipitaciones es menor que el volumen total de agua que se pierde por evaporación desde la superficie del suelo y por transpiración desde las plantas, se manifiesta el déficit de agua (Lima *et al.*, 2012). Ante esta situación, las plantas responden a través de la limitación específica del área foliar, modificación de crecimiento radicular, cierre de estomas, ajuste osmótico a nivel celular y, como respuesta molecular, la modificación de genes (Moreno, 2009).

De esta manera, resulta esencial establecer relaciones entre las precipitaciones y las actividades agrícolas a través de balances hídricos, mediante la comparación de la lluvia promedio mensual y las estimaciones de los volúmenes de agua necesarios para suplir los requerimientos de los cultivos (Olivares *et al.*, 2018). El estudio del balance hídrico del suelo, mediante una evaluación primaria general (Oliveira *et al.*, 2013), permite planificar, dentro de la fitotecnia de los cultivos, las actividades de riego destinadas a suplir las necesidades mencionadas (Oliveira *et al.*, 2010; Vieira *et al.*, 2016) y obtener adecuados rendimientos agrícolas (Mainar *et al.*, 2012).

Es importante, además, a la hora de definir la posibilidad de sembrar determinados cultivos de acuerdo con la aptitud climática de las zonas escogidas (Beserra *et al.*, 2016; Megna *et al.*, 2016; Mainar *et al.*, 2017; Megna *et al.*, 2017; Moreira *et al.*, 2018), así como establecer épocas de siembra, labores mecanizadas, fertilización y cosecha (Santos *et al.*, 2013).

Este trabajo tiene como objetivo determinar los meses con excedente o con déficit hídrico, mediante la elaboración del balance hídrico mensual, que permita la planificación de labores en áreas agropecuarias de la provincia de Holguín.

## Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en cuatro estaciones meteorológicas de la provincia de Holguín, Cuba (La Jíquima, 20°59'18" N y 76°32'23" W; Guaro,

20°40'21" N y 75°46'57" W; Pinares de Mayarí, 20°29'14" N y 75°47'26" W y Velasco, 21°04'03" N y 76°20'42" W). Se determinaron las precipitaciones promedio mensuales (mm) con los datos tomados durante el período 1975-2017.

Para la estimación de la evapotranspiración promedio mensual se utilizó la ecuación de FAO Penman-Monteith, recomendada por la FAO. Este modelo estima la evapotranspiración con bastante precisión y en las más variadas condiciones climáticas (Allen *et al.*, 2006).

## Ecuación de FAO Penman-Monteith:

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

Donde  $ET_o$  es la evapotranspiración de referencia (mm día<sup>-1</sup>),  $\Delta$  es la pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C<sup>-1</sup>),  $R_n$  es la radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>),  $G$  es el flujo de calor del suelo,  $\gamma$  es la constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>),  $T$  es la temperatura media del aire a 2 m de altura (°C) y  $u_2$  es la velocidad del viento a 2 m de altura (m s<sup>-2</sup>). Los datos utilizados corresponden al período 1975-2015.

El balance hídrico se realizó a partir del método propuesto por Thornthwaite y Mather (1955), que contabiliza el agua en el suelo al considerar que las precipitaciones constituyen los ingresos y la evapotranspiración los egresos de humedad del suelo. De esta forma se pueden estimar los valores de evapotranspiración real ( $ETR$ ), déficit hídrico ( $D$ ) y excedentes ( $E$ ).

## Resultados y discusión

La Figura 1 muestra el comportamiento del balance hídrico del suelo en las cuatro localidades estudiadas. Se encontró que en La Jíquima las precipitaciones ( $P$ ) fueron de 1.137 mm año<sup>-1</sup> y que la evapotranspiración potencial ( $ETP$ ) promedio anual alcanzó valores de 1.489 mm año<sup>-1</sup>, con una evapotranspiración real ( $ETR$ ) de 1.068 mm año<sup>-1</sup>.

De esta manera, existen ocho meses (julio-agosto y noviembre-abril) de déficit hídrico, con un acumulado anual de 520 mm año<sup>-1</sup>. Esta carencia de agua se manifiesta sobre todo en los meses de febrero-abril, que acumulan el 62,10% del déficit anual. Además, existen cuatro meses

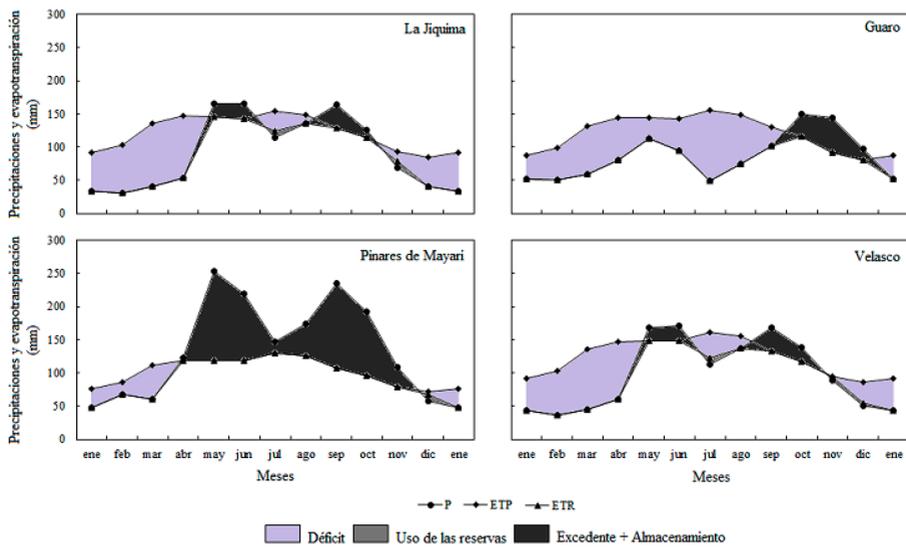


Figura 1. Balance hídrico anual en las cuatro estaciones meteorológicas.

de excedente separados en dos períodos (mayo-junio y septiembre-octubre). A continuación de cada período, en los primeros días de los meses de julio y noviembre, hay cierta cantidad de agua en reserva en el suelo que se agota rápidamente, sin llegar a suplir el déficit hídrico existente en estos meses.

En la estación meteorológica de Guaro se encontró que las lluvias anuales alcanzaban los 1.068 mm año<sup>-1</sup>, con dos picos de máxima pluviosidad en los meses de mayo (113 mm) y octubre (150 mm). Además, la evapotranspiración potencial era de 1.469 mm año<sup>-1</sup>.

En Guaro se observó el período más prolongado de déficit hídrico, no solo por la cantidad de meses, sino también por su distribución ininterrumpida dentro del año. Existen nueve meses (enero-septiembre) de déficit hídrico, con un total acumulado de 507 mm año<sup>-1</sup>. Los meses más críticos fueron julio, agosto, marzo y abril, con 316 mm (62,38%). Sin embargo, esta localidad muestra un excedente más almacenamiento de 95 mm año<sup>-1</sup> concentrado en los meses de octubre-diciembre.

En este período, al disminuir la disponibilidad de agua para las plantas, aumenta la tensión con la que el suelo retiene el agua remanente. Esto provoca respuestas fisiológicas negativas, desde el punto de vista agroproductivo, por parte de las plantas. De ahí que el riego se torna indispensable para la reducción de riesgos en la agricultura de la zona, a partir de los efectos de la sequía.

Ante este contexto, una probable solución, para las áreas no agrícolas, pudiera ser la siembra de eucaliptos (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden), especie que muestra mecanismos fisiológicos que le permiten una eficiente economía del agua en condiciones de estrés hídrico (Mejía de Tafur *et al.*, 2018).

La localidad de Pinares de Mayarí registró los niveles más elevados de lluvias, con 1.686 mm año<sup>-1</sup>. Las precipitaciones se concentran en el período abril-noviembre (con los meses de mayo, junio y septiembre como los más lluviosos, con 253, 219 y 235 mm, respectivamente), en el que caen 1.453 mm (79,71%). Esta fue la única de las estaciones meteorológicas que midió una evapotranspiración potencial inferior a las precipitaciones, con 1 235 mm año<sup>-1</sup>.

Solamente se encontraron cuatro meses (diciembre-marzo) de déficit hídrico, con un acumulado de 101 mm año<sup>-1</sup>, fundamentalmente en el mes de marzo (49,89%). En el mes de diciembre el déficit de agua fue de solo 3 mm mes<sup>-1</sup>. En el mes de abril los cultivos pueden aprovechar 4 mm mes<sup>-1</sup> de las reservas de agua en el suelo. En esta estación meteorológica es donde mayor cantidad de agua se acumula como excedente más almacenamiento durante el año, entre los meses de mayo-noviembre (552 mm año<sup>-1</sup>). Durante este período, la capacidad de almacenamiento de agua del suelo se encuentra completa, por lo que al existir saturación aumenta la escorrentía y en las áreas

de mayor pendiente o desprovistas de vegetación pueden incrementarse los efectos de la erosión.

Mohamadi y Kavian (2015) observaron que, independientemente de la variación de las características de la intensidad de las precipitaciones, en regiones con determinada pendiente y poca cobertura vegetal se manifestaban los fenómenos de escorrentía, pérdida de suelos y acumulación de sedimentos.

De la misma forma, Yan *et al.* (2018), en la cuenca del río Beiluo (afluente secundario del río Amarillo, en China), encontraron no solo que el 76.08% de la erosión del suelo ocurría en las zonas donde la pendiente era superior a 15°, sino también que este proceso de degradación de los suelos se manifestaba en menor grado en áreas dedicadas a pastos o cubiertas de bosques, comparadas con las zonas agrícolas.

En Velasco se registraron precipitaciones promedio de 1.222 mm año<sup>-1</sup>, con el período de abril-octubre que acumula 897 mm (78,42%) y una evapotranspiración potencial de 1.523 mm año<sup>-1</sup>.

En la estación meteorológica mencionada se reportaron siete meses de déficit hídrico (382 mm año<sup>-1</sup>) distribuidos en los períodos de julio-agosto y diciembre-abril, en los que los meses de febrero-abril acumulan el 64,11% del déficit anual. Intercalados con los lapsos señalados se observaron dos períodos de excedente más almacenamiento (mayo-junio y septiembre-octubre) que acumularon 81 mm año<sup>-1</sup>. Al final del primero, y coincidiendo con el inicio del período de déficit julio-agosto, se aprecia que las reservas no alcanzan a satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos. En el mes de noviembre no existe déficit ni excedente, sino que

los cultivos pueden usar las reservas acumuladas durante el bimestre septiembre-octubre.

## Conclusiones

Las estaciones meteorológicas de La Jíquima y Velasco muestran dos períodos de déficit hídrico en el año, alternados con dos lapsos de excedente más almacenamiento. En La Jíquima dicho déficit alcanza un acumulado de 520 mm año<sup>-1</sup> durante ocho meses. Los dos lapsos de excedente más almacenamiento totalizan 69 mm año<sup>-1</sup> y el uso de las reservas no supe las necesidades hídricas. En Velasco existen siete meses de déficit, con 382 mm año<sup>-1</sup>, y cuatro meses de excedente más almacenamiento (81 mm año<sup>-1</sup>) y el mes de noviembre de uso de las reservas acumuladas.

En la estación meteorológica de Guaro se observó el período más prolongado de déficit hídrico, no solo por la cantidad de meses, sino también por su distribución ininterrumpida dentro del año. Durante estos nueve meses se acumuló un déficit de 507 mm año<sup>-1</sup>, el más alto de la provincia de Holguín. El excedente acumulado durante los tres meses restantes (octubre-diciembre) fue de 95 mm año<sup>-1</sup>.

En la estación meteorológica de Pinares de Mayarí, las precipitaciones anuales (1.686 mm año<sup>-1</sup>) superaron a la ETP (1.235 mm año<sup>-1</sup>). Solo existieron cuatro meses de déficit (diciembre-marzo), con 101 mm año<sup>-1</sup>. Los mayores acumulados de excedentes se encontraron en esta localidad, con 552 mm año<sup>-1</sup>, entre los meses mayo-noviembre. Entre los períodos de déficit y de excedente más almacenamiento, en el mes de abril los cultivos pueden usar una reserva de 4 mm mes<sup>-1</sup>.

## Literatura citada

- Allen, R.G.; Doorenbos, J.; Monteith, L.  
2006. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje, boletín 56. Roma. 298 p.
- Beserra Lucena, D.; Mainar de Medeiros, R.; Fallé Saboya, L.M.; Nascimento, P.L. do.  
2016. Aptidão e zoneamento agroclimático da palma forrageira para o estado do Piauí. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 10 (4): 809-819.
- Lima Duarte, J.M. de; Diniz Lima, A.; Silva Nascimento, Rousilene; Araújo Viana, T.V. de; Rocha Saraiva, K.; Moreira de Azevedo, B.  
2012. Eficiência do uso da água na produção de óleo do girassol (*Helianthus annuus* L.), sob suspensão hídrica. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 6 (3): 166-175.
- Mainar de Medeiros, R.; Kassar Borges, C.; Tavares Lima, A.; Sales Melo, A.; Megna Francisco, P.R.  
2012. Avaliação das condições hídricas por meio do panorama de mudanças climáticas em Cabaceiras-PB. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 6 (3): 227-239.
- Mainar de Medeiros, R.; Moreira de Matos, R.; Fallé Saboya, L.M.; Ferreira da Silva, P.  
2017. Aptidão agroclimática para o cultivo da videira (*Vitis vinífera* L.) no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 11 (3): 1492-1499.
- Megna Francisco, P.R.; Lamarque Guimarães, C.; Falle Saboya, L.M.; Dantas Neto, J.; Santos, D.  
2016. Aptidão climática da cultura da cana de açúcar (*Saccharum spp*) para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 10 (3): 676-686.

- Megna Francisco, P.R.; Santos, D.; Lamarque Guimarães, C.; Moraes Neto, J.M. de.  
2017. Aptidão climática da mandioca (*Maniototh esculenta* Crantz) para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 11 (4): 1651-1661.
- Mejía de Tafur, M.S.; Zapata, C.M., Urrego, J.B.; Ibarra, D.M.; Leal, J.J.  
2017. Efecto del estrés hídrico sobre la acumulación y distribución de biomasa en *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Acta Agronómica*, 66 (1): 56-62.
- Mohamadi, M.A.; Kavian, A.  
2015. Effects of rainfall patterns on runoff and soil erosion in field plots. *International Soil and Water Conservation Research*, 3: 273-281.
- Moreira de Matos, R.; Ferreira da Silva, P.; Borges, V.E.; Galvão Sobrinho, T.; Dantas Neto, J.; Fallé Saboya, L.M.  
2018. Potencial agroclimático para a cultura da mangueira no município de Barbalha-CE. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 12 (1): 2366-2373.
- Moreno, L.P.  
2009. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 27 (2): 179-191.
- Olivares Campos, B.O.; Hernández, R.Á.; Coelho Bonilla, R.; Molina Trigos, J.C.; Pereira de López, Y.  
2018. Análisis espacial del índice hídrico: avances en la adopción de decisiones sostenibles en territorios agrícolas de Carabobo, Venezuela. *Revista Geográfica de América Central*, 60: 277-299.
- Olivares, B.; Zingaretti, M.L.; Demey Zambrano, J.A.; Demey, J.R.  
2017. Aplicación del método STATIS-ACT al régimen de lluvias en la Región Oriental Venezolana. *UNED Research Journal*, 9 (1): 97-106.
- Oliveira Santos, G.; Barbosa de Lima, F.; Vanzela, L.S.  
2013. Balanço hídrico espacial das culturas inseridas na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste Paulista. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 7 (1): 3-16.
- Oliveira Santos, G.; Tangerino Hernandez, F.B.; Rossetti, J.C.  
2010. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 4 (3): 142-149.
- Santos, R.B.; Souza, A.P.; Silva, A.C.; Almeida, F.T.; Arantes, K.R.; Siqueira, J.L.  
2013. Planejamento da pulverização de fungicidas em função das variáveis meteorológicas na região de Sinop-MT. *Global Science and Technology*, 6 (1): 72-88.
- Thorntwaite, C.W.; Mather, J.R.  
1955. The water balance. Publication in *Climatology* n. 8, Laboratory of Climatology. Centerton, N.J., U.S. 104 p.
- Vieira Passos, M.L.; Zambrzycki, G.C.; Pereira, R.S.  
2016. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 10 (4): 758-766.
- Yan, R.; Xiaoping Zhang, X.; Yan, S.; Chen, H.  
2018. Estimating soil erosion response to land use/cover change in a catchment of the Loess Plateau, China. *International Soil and Water Conservation Research*, 6: 13-22.

