



Revista Ingeniería Agrícola

ISSN: 2306-1545

ISSN: 2227-8761

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola

Sosa-Sánchez, Yunier; Duarte-Díaz, Carmen E.; Cisneros-Zayas, Enrique;
Puente-Sánchez, Alina; González-Risco, Livia; Breffe-Navarro, Mabil

Ajuste de los requerimientos hídricos del pomelo (*citrus
paradisi macf.*), en Jagüey Grande, Matanzas, Cuba

Revista Ingeniería Agrícola, vol. 11, núm. 3, e02, 2021, Julio-Septiembre
Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586267422002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto



<https://eqrcode.co/a/1KU4m>

ARTÍCULO ORIGINAL

Ajuste de los requerimientos hídricos del pomelo (*citrus paradisi macf.*), en Jagüey Grande, Matanzas, Cuba

Water Requirements Adjustment in Grapefruit (*Citrus Paradisi Macf.*) in Jagüey Grande, Matanzas, Cuba

MSc. Yunier Sosa-Sánchez¹, Dr.C. Carmen E. Duarte-Díaz^{II*}, Dr.C. Enrique Cisneros-Zayas^{II} MSc. Alina Puente-Sánchez¹,
MSc. Livia González-Risco¹, MSc. Mabil Breffe-Navarro^{III}

¹ Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Unidad Científico Tecnológica de Base Jagüey Grande. Torriente, Jagüey Grande, Matanzas, Cuba.

^{II} Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. Boyeros, La Habana, Cuba.

^{III} Universidad de Matanzas, Centro Universitario Municipal de Jagüey Grande, Matanzas, Cuba.

RESUMEN. El régimen de riego utilizado para el cultivo del pomelo en Jagüey Grande, provincia de Matanzas, data de finales de la década del 80 del pasado siglo, época en la cual las condiciones climáticas y del cultivo diferían de las actuales. Se presentan los resultados sobre los requerimientos hídricos del pomelo en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, cuyo objetivo fue ajustar los parámetros del régimen hídrico del cultivo en la región de estudio. Se utilizó como herramienta computacional el programa CROPWAT y se caracterizó el clima de la región en el período 2000-2019. Los datos climáticos utilizados se tomaron de la estación meteorológica de Jagüey Grande. Los valores de evapotranspiración de referencia (ET_o) más bajos del período, correspondieron a los meses de diciembre y enero con 2,84 y 2,86 mm día⁻¹, respectivamente. Los valores más elevados se encontraron entre los meses de abril y agosto (4,88-4,91 mm día⁻¹). La precipitación efectiva promedio en el período lluvioso (794,0 mm) superó en 214,0 mm a la evapotranspiración del cultivo (580,0 mm), mientras que en el período poco lluvioso la demanda del cultivo (436,0 mm) fue superior en 220,0 mm al valor de lluvia aprovechable (216,0 mm). Los estudios del cultivo mostraron un escaso desarrollo del sistema radical activo, con una media de 0,43m de profundidad y una altura promedio de las plantas de 3,5m. Los requerimientos hídricos anuales estimados para el cultivo en el período de estudio, oscilaron entre 966,0 y 1067,0 mm con una media anual de 1015,0 mm.

Palabras clave: Toronja; necesidades hídricas; clima, profundidad radical, cropwat.

ABSTRACT. The irrigation regime used for grapefruit trees in Jagüey Grande, Matanzas province, dates back to the 80s of last century, when climatic conditions were different nowadays. This article shows the results of water requirements for grapefruit trees at the Agroindustrial Enterprise “Victoria de Girón; and looks forward to adjust the water requirement parameters of the crop. The software CROPWAT was used and the climate of the region for the 2000-2019 period, was characterized. Climatic data used were taken from the local Weather Station in Jagüey Grande. The lowest reference evapotranspiration values (ET_o) for the studied period, were recorded in December and January with 2,84 and 2,86 mm day⁻¹, respectively. The highest values were found in April and August (4,88-4,91 mm day⁻¹). The average effective rainfall in the rainy period (794,0 mm) overcame in 214,0 mm to the crop evapotranspiration (580,0 mm), while in the not very rainy period the crop demand (436,0 mm) it was higher in 220,0 mm to the value of profitable rain (216,0 mm). Crop variables showed a scarce development of the active root system with an average of 0,43 m depth and 3,5 m trees height. The estimated annual water requirement for the crop in the studied period ranged from 966,0 and 1067,0 mm with an annual average of 1015,0 mm.

*Autora 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: 19/04/2021.

INTRODUCCIÓN

Los cítricos constituyen el tercer frutal más cultivado y comercializado en el mundo, después de la manzana y el plátano, debido a sus características organolépticas y a su papel en los hábitos alimenticios de gran parte de la población mundial (Singh y Rajam, 2009).

La productividad de los cítricos está estrechamente ligada a la disponibilidad de agua a lo largo de su ciclo vegetativo. Cuando el agua aportada por las precipitaciones es inferior a la evapotranspiración de referencia es necesario un suministro adicional por medio del riego, siendo esta una de las labores agrotécnicas de mayor importancia para obtener cosechas rentables y una mejora en la calidad de los frutos (Garzón, 2012).

En Cuba, la empresa de mayor área dedicada al cultivo de los cítricos es la “Victoria de Girón” de Jagüey Grande en la provincia de Matanzas. Sus producciones constituyen más del 60 % de la producción nacional y ofrece fuente de empleo a más de 5000 personas por lo que se considera la más importante del país. Es una de las empresas más desarrolladas en cuanto a su cadena agro-industrial, logrando tener encadenados todos los procesos productivos, desde sus viveros hasta su combinado industrial para la producción de jugos, así como frigorífico propio (Anaya *et al.*, 2016).

Dicha entidad productiva cuenta con más de 11000 ha plantadas de naranjas, limas, limones, mandarinas, y toronjas o pomelos, siendo esta última especie la de mayor importancia económica por contar con unas 6000 ha establecidas.

El régimen de riego de proyecto implantado para el pomelo en el territorio data de finales de la década del 80 del pasado siglo, época en la cual las condiciones climáticas y agrotécnicas del cultivo diferían de las actuales. En este sentido los efectos del cambio climático acontecido en las últimas décadas favorecen el incremento de la temperatura media del aire, la frecuencia e intensidad de las sequías y por derivación un mayor déficit hídrico de los cultivos agrícolas (Malek *et al.*, 2018). Además, en la actualidad se desarrollan sistemas de atenciones culturales que responden a la utilización de menores distancias de plantación, al empleo de otras combinaciones cultivar patrón, así como al uso de otras técnicas de riego que influyen en la programación de riego del cultivo.

Por estas razones surge la necesidad de actualizar las necesidades hídricas del pomelo. Se requiere, además, hacer énfasis en lo que esto implica para la conservación del medio ambiente teniendo en cuenta la variabilidad y el cambio climático y estar a tono con las predicciones de reducción de las precipitaciones anuales en relación con el aumento de la evapotranspiración de referencia en Cuba, según (Duarte *et al.*, 2017; Duarte y Valdés, 2018).

A partir de lo señalado se realizó el presente trabajo con el objetivo de ajustar los parámetros que rigen los requerimientos hídricos del cultivo del pomelo en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” de Jagüey Grande.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones generales, y descripción de la zona de estudio

La investigación se realizó en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” en Jagüey Grande, provincia de Matanzas. Los datos de la base experimental de suelo se adquirieron de la

dirección de producción de dicha entidad y los del cultivo a partir de investigaciones de campo realizadas en el área de estudio en el último trimestre de 2017 y de la base de datos del historial científico de la Unidad Científico Tecnológica de Base de Jagüey Grande.

Los datos climáticos utilizados, correspondientes al período 2000-2019, se adquirieron de la estación meteorológica de Jagüey Grande, la cual tiene como coordenadas geográficas 22.32° de latitud Norte y 81.08° de longitud Oeste, a una altura de 11 metros sobre el nivel medio del mar. Además, se utilizó información de la base de datos del Centro Meteorológico Provincial de Matanzas. El clima de ésta región se caracteriza por una temperatura media anual de 23°C, con mínimas de 15.5°C y máximas de 33.3°C. La precipitación media anual es de 1598 mm, una humedad relativa media anual de 67%. La velocidad del viento promedio es de 6.2 m s⁻¹ y la insolación promedio anual es de 7.0 horas sol / día.

Los suelos predominantes son Ferralítico Rojo típico, según la clasificación genética de los suelos de Cuba y catalogados como Ferralsol Rhodic y Nitisol Rhodic en correlación con el “World Reference Base” (Hernández *et al.*, 2004), con presencia de un relieve llano y con textura arcillosa con arcilla del tipo 1:1 con un buen drenaje en general. Las evaluaciones del crecimiento del sistema radical y de la altura de las plantas se realizaron en áreas de la Unidad Empresarial Base (UEB) No1, de la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, cuya ubicación geográfica se encuentra entre los 22°41'55,73 - 22°30'46,77 de latitud norte y los 80°42'53,61 - 81°51'23,44 de longitud oeste, en una plantación de pomelo ‘Marsh’ (*Citrus paradisi* Macf), de 5 ha, injertada sobre patrón *Citrus Volkameriana*, de ocho años de edad, plantada a una distancia de 7 x 3 m, con un sistema de riego localizado por goteo y ubicada en el lote T-5, cuadrante 2, banda C. Como condiciones para la selección del área se tuvieron en cuenta las más representativas en la empresa para el cultivo del pomelo en la empresa. Entre ellas se destacan la combinación cultivar patrón, el tipo de suelo, la distancia de plantación y la técnica de riego empleada. Además, la edad de la plantación se eligió teniendo en cuenta aquella donde el cultivo alcanza su máximo potencial productivo en Cuba según (Minag-Cuba, 2017).

Evaluación de las variables del clima y del cultivo en Jagüey Grande

Programa CROPWAT

El programa CROPWAT es usado para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y de sus requerimientos de riego en base a datos climáticos, de cultivo y suelo. Para el cálculo de los requerimientos hídricos del cultivo (RHC), CROPWAT requiere de datos de evapotranspiración de referencia (ET₀). Para ello se utilizó el módulo Clima/ET₀ del programa CROPWAT, versión 8.0. El programa permite al usuario ingresar valores de ET₀, o ingresar datos individuales de temperatura máxima y mínima, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar, para calcular la ET₀ aplicando la ecuación de Penman-Monteith. También son necesarios los datos de precipitación total del área de estudio, para calcular la precipitación efectiva. El método empleado fue el USDA (Soil Conservation Service), el que por defecto CROPWAT tiene activado, para los valores mensuales

de precipitación, por ser uno de los métodos más precisos en sus cálculos, según (Elizastigue, 2018; Oña, 2019). Como datos de entrada para el cálculo de los requerimientos hídricos del cultivo (RHC) el programa necesita datos del cultivo y también datos del suelo. La altura promedio del cultivo empleada fue de 3.50 m y la máxima profundidad del sistema radical activo de 0.45 m. Se utilizó un coeficiente de cultivo (K_c) en la etapa inicial de 0.70, en la etapa intermedia de 0.74 y en la etapa final de 0.59, según lo recomendado por el Instructivo técnico para el cultivo y beneficio de los cítricos (Minag-Cuba, 1990).

Determinación del crecimiento del sistema radical activo del pomelo

Para evaluar el crecimiento de las raíces se seleccionaron cinco plantas de pomelo 'Marsh' con un porte y volumen de copa vigorosos, para garantizar que fuesen árboles con un buen desarrollo del sistema radical, en el área de estudio (1 ha), en la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón" de Jagüey Grande. Se hicieron calicatas a ambos lados de cada planta, de 3 m de largo, tomando el tronco de la planta como centro, 1.5 m de ancho y 1 m de profundidad y se acondicionó el área previamente a las mediciones.

Para la evaluación del crecimiento en profundidad de las raíces se utilizó, como guía, la metodología propuesta por (Kolesnikov, 1972), para el estudio de esta variable. Se realizaron mediciones en el plano vertical, en el sentido de la hilera y de la calle, con el fin de determinar la profundidad de las raíces cuyo diámetro no sobrepasara los 3 mm, las cuales corresponden al sistema radical activo o de absorción de los cítricos, según (Levinson y Adato, 1991). Las mismas se realizaron mediante la utilización de una cinta métrica, una regla de madera, de fabricación artesanal y un pie de rey.

Determinación de la altura de las plantas de pomelo

Para evaluar la altura de las plantas se seleccionaron 15 plantas en diagonal cruzada en la misma plantación antes mencionada. Se realizaron las mediciones correspondientes tomando el suelo como base. Se empleó una escalera para subir hasta el punto más alto de la copa y dos reglas de madera de fabricación artesanal, una graduada y ubicada de manera vertical y la otra sin escala de 2.50 m de longitud y situada desde la parte superior de la copa hasta la regla graduada con la utilización de un nivel de burbuja para descartar errores en las mediciones. Los datos de las mediciones se sometieron a análisis de varianza para determinar la media y los estadígrafos de dispersión de esta variable mediante el programa Statgraphics, versión 5.1.

Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo del pomelo

Se calcularon los requerimientos hídricos del cultivo del pomelo, año a año, con la utilización del programa CROPWAT, para el período 2000-2019, en Jagüey Grande y la aplicación de un coeficiente de localización de 0.56, para riego localizado de alta frecuencia, que corresponde al marco de plantación de 7x3 m y a un diámetro de la copa de los árboles de 3,5m, por ser ambos parámetros los más representativos del cultivo del

pomelo en Jagüey Grande. Estos requerimientos se compararon con los del período 1980-1999 como línea base, calculados a partir de los valores de ET_0 según (Solano *et al.*, 2003), para este territorio. Se utilizó la hoja de cálculo Microsoft Office Excel para procesar los resultados y para la elaboración de los gráficos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de las variables del clima en Jagüey Grande en el período 2000-2019

Caracterización de la evapotranspiración de referencia (ET_0) en Jagüey Grande en el período 2000-2019

Como se puede apreciar en la figura 1, los valores promedio de ET_0 más bajos en el período evaluado 2.84 y 2.88 mm día⁻¹ corresponden a los meses de diciembre y enero, respectivamente. Los valores de ET_0 más altos correspondieron a los meses de abril 4.88 mm día⁻¹ y mayo 4.91 mm día⁻¹. El período de mayores valores de ET_0 fue el comprendido entre los meses de abril y agosto, con valores entre 4.58 y 4.91 mm día⁻¹, respectivamente. Resultados similares obtuvo (Machado *et al.*, 2016), para la zona central del país, quien encontró valores promedios máximos de ET_0 en los meses de mayo y julio (4.7 mm día⁻¹), igual período de máxima demanda entre abril y agosto (4.5-4.7 mm día⁻¹), y los meses con valores más bajos diciembre y enero respectivamente 2.6 y 2.8 mm día⁻¹.

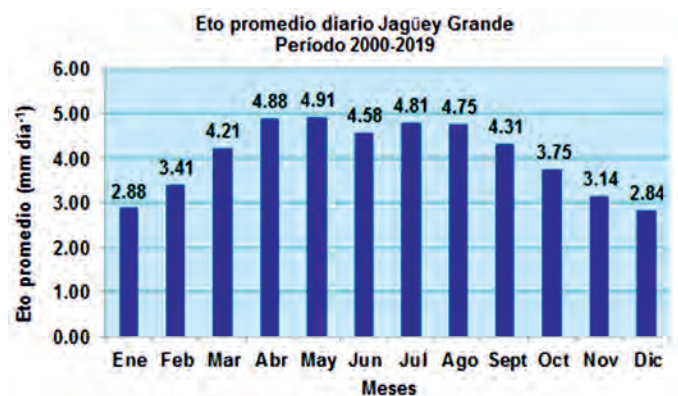


FIGURA 1. Evolución de la evapotranspiración de referencia (ET_0) promedios mensuales de Jagüey Grande para el período 2000-2019.

El valor promedio más bajo de ET_0 del período abril-agosto se registró en el mes de junio (4.58 mm día⁻¹). Esto se debe en gran medida al incremento marcado de las precipitaciones promedio en ese mes, (266 mm) y al descenso de la velocidad de los vientos de 8.8 a 4.2 m s⁻¹. Estos resultados coinciden con lo planteado por (Solano *et al.*, 2003) al estudiar el comportamiento de la evapotranspiración de referencia en Cuba.

Relación entre la evapotranspiración de referencia (ET_0) y las precipitaciones mensuales en Jagüey Grande en el período 2000-2019

Al analizar la relación entre la ET_0 y las precipitaciones (Fig. 2.) se observa, que el promedio de aportes naturales en los meses de mayo a octubre supera la pérdida por demanda

Sosa-Sánchez *et al.*: Ajuste de los requerimientos hídricos del pomelo (*citrus paradisi* macf.), en Jagüey Grande, Matanzas, Cuba climática. En este período se precipitan 1352 mm, lo que representa el 85% del total anual, mientras que por concepto de evapotranspiración la demanda es de 815 mm.

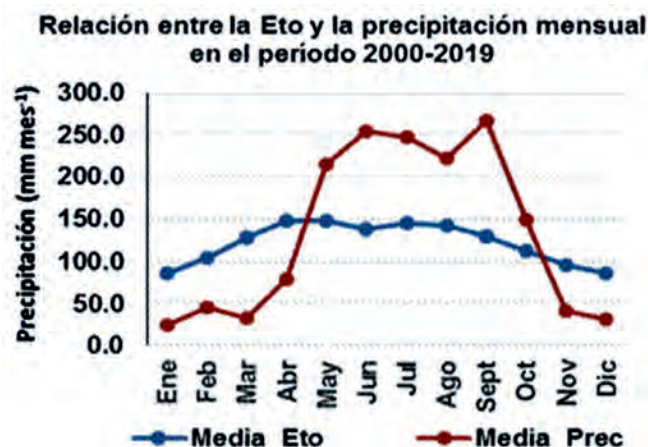


FIGURA 2. Comportamiento de la ET₀ y la precipitación promedio mensual en el período 2000-2019.

En este sentido (Acosta y Paretas, 2011), plantearon, que las precipitaciones en Cuba pese a su variabilidad espacio-temporal, presentan una distribución estacional de 75-80 % en los meses de mayo-octubre y solo de 20-25 % desde noviembre hasta abril. También el promedio anual de precipitaciones es superior al de ET₀, presentándose valores de 1606 y 1462 mm, respectivamente. El valor más bajo de ET₀, reflejado en los meses de diciembre y enero (86.4 mm mes⁻¹) coinciden con los registros más discretos de precipitaciones 24.2 y 31.9 mm.

Otra variable que influye de forma directa en la expresión de los valores más bajos de ET₀ es la radiación solar. En estos meses la posición del sol alcanza la máxima declinación al sur, lo que determina la ocurrencia de magnitudes más bajas de la radiación solar incidente y por tanto, una disminución de la tasa diaria de evapotranspiración de referencia (Solano *et al.*, 2003). También es preciso señalar que en los meses de enero y diciembre se encuentran los menores registros de temperaturas máximas del período evaluado (27.8 y 28.7 °C) lo que favorece además la reducción de los procesos simultáneos de evaporación y transpiración.

Relación entre la evapotranspiración de referencia (ET₀) y las precipitaciones anuales en Jagüey Grande en el período 2000-2019

La figura 3, muestra el comportamiento, en el período 2000-2019, de la evapotranspiración de referencia y las precipitaciones anuales evaluadas. Se aprecia una disminución de los aportes de éstas últimas a lo largo de todo el período. Esta disminución se hace más evidente a partir del año 2010, donde cuatro años (2011, 2013, 2014 y 2019) presentaron valores inferiores a los totales anuales de ET₀. Los valores de precipitaciones anuales presentan una gran variabilidad durante el período de estudio y se encuentran en un rango de 1085.0 a 2612.0 mm como valor mínimo y máximo respectivamente y registrados en los años 2004 y 2008. Esta inestabilidad responde, principalmente, a los primeros diez años analizados (2000-2009), donde se aprecian las mayores diferencias. El promedio de precipitaciones anuales de

este período fue de 1680.0 mm, superando en 147.0 mm al período 2010-2019 (1533.0 mm), respaldando lo expresado anteriormente con respecto a la disminución progresiva de esta variable.

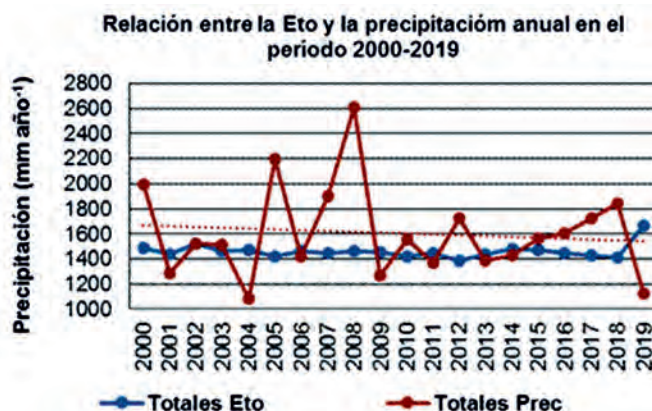


FIGURA 3. Comportamiento interanual de la variabilidad de las precipitaciones y la ET₀ en el período 2000-2019.

Resultados similares, fueron encontrados por (Duarte *et al.*, 2017; Valdés, 2017; Duarte y Valdés, 2018; Ezatollah y Marzieh, 2018; Malek *et al.*, 2018), donde se evidencia que el clima está sufriendo modificaciones que apuntan hacia el incremento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones.

Relación entre la evapotranspiración del cultivo (ET_c) y la precipitación efectiva en Jagüey Grande en el período 2000-2019

El análisis de los resultados obtenidos de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) y la precipitación efectiva, calculadas por el programa CROPWAT, permitieron evaluar las potencialidades en la región para suplir la Etc en el periodo que se estudia. En la figura 4, se puede apreciar que el promedio de aportes naturales que se almacena en el suelo, en el período lluvioso (mayo-octubre), es superior a la demanda del cultivo. El agua aprovechada por las plantas en este período alcanza un valor de 786.0 mm, superando en 223.0 mm a la evapotranspiración del cultivo (563.0 mm). Sin embargo, en el período seco (noviembre-abril) la demanda del cultivo (419.0 mm) supera en 211.0 mm a la precipitación efectiva (208.0 mm).

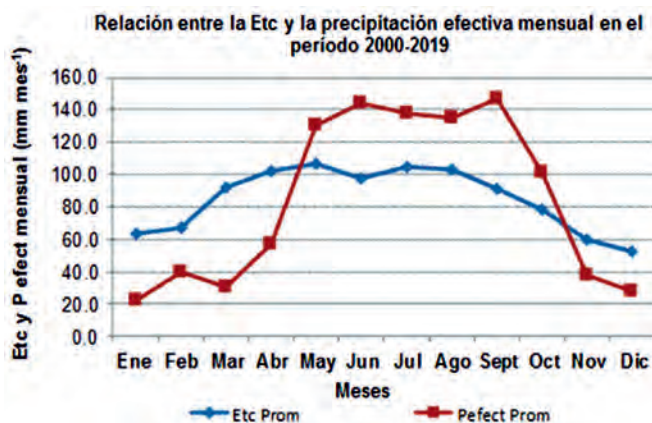


FIGURA 4. Variabilidad interanual de la ET_c y la Pe promedio mensual en Jagüey Grande en el período 2000-2019.

Evaluación de las variables del cultivo del pomelo en Jagüey Grande para el ajuste de sus requerimientos hídricos

Evaluación del crecimiento vertical del sistema radical activo del pomelo

En esta investigación se estudió el crecimiento vertical del sistema radical activo del pomelo (*Citrus paradisi* Macf.), como información necesaria para el ajuste de las necesidades hídricas de dicho cultivar en las condiciones de Jagüey Grande. En la figura 5, se observan las longitudes máximas encontradas en las evaluaciones realizadas.

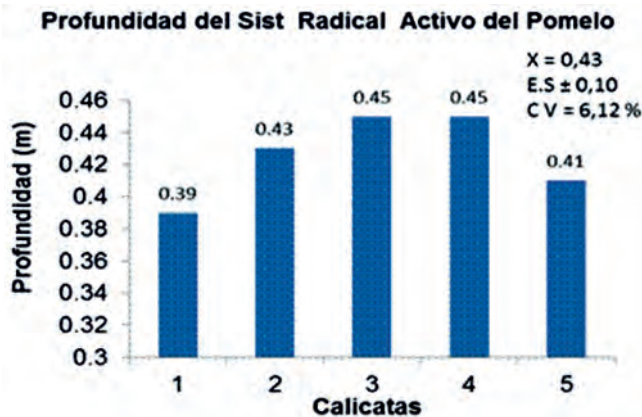


FIGURA 5. Profundidad del sistema radical activo del pomelo 'Marsh' injertado sobre patrón *Volkameriana* a los 8 años de edad.

Como se puede apreciar las mismas se encuentran en un rango entre 0.39 y 0.45 m de profundidad con una media de 0.43 m, una desviación estándar de 0.10 y un coeficiente de variación de 6.12 %, lo que es indicativo de poca variabilidad en los resultados. Por esta razón se decidió utilizar el valor máximo (0.45 m) para calcular los requerimientos hídricos del pomelo, mediante el programa cropwat.

(Bosch *et al.*, 1998), en una investigación realizada en pomelo Ruby Red de 14 años de edad, injertado sobre naranjo Agrio (*Citrus aurantium* L.) y con una distancia de siembra de 10x5 m, en la empresa de cítricos "Ceiba", en un suelo Ferralítico Rojo típico y regada por aspersión, encontraron la presencia de abundantes raíces activas en todo el perfil del suelo, hasta los 0.75 m de profundidad. (Toledo y Cárdenas, 1980), en un estudio llevado a cabo en naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* L. Osbeck), injertado sobre naranjo Agrio en un suelo Ferralítico Rojo de Jagüey Grande, con una distancia de plantación de 8x4 m y regada por aspersión, determinaron que más del 90 % de las raíces activas se encontraban hasta 0.60 m de profundidad.

Determinación de la altura de las plantas de pomelo

La altura de las plantas es un dato de entrada del módulo cultivo del programa CROPWAT que, aunque es un dato opcional, para Cuba es indispensable tenerlo en cuenta. En este estudio se determinó la altura promedio de las plantas de pomelo 'Marsh' para ajustar las necesidades hídricas de dicho cultivar en las condiciones de Jagüey Grande. Como se observa en la

figura 6, la altura de las plantas osciló entre 3.29 y 3.65 m, con una media aritmética de 3.5m. Se encontró poca variabilidad en las evaluaciones realizadas con un coeficiente de variación de 2.83 % y una desviación estándar de 0.10.

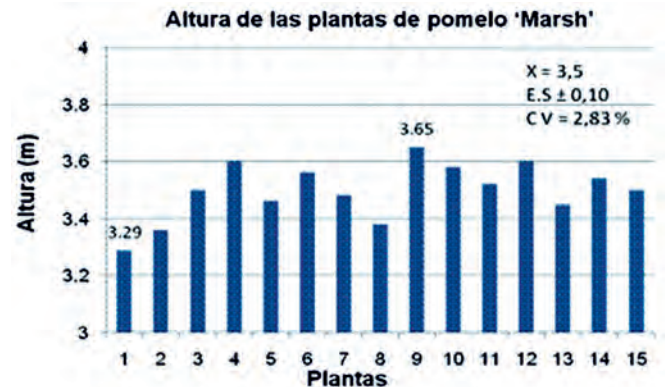


FIGURA 6. Altura de las plantas del pomelo 'Marsh' injertado sobre patrón *Volkameriana* los 8 años de edad.

La altura promedio no coincide con la determinada por (Bello, 1990), quien encontró, 4.6 m para el mismo cultivar en una plantación establecida en la misma área de estudio, (T-5, UEB No 1), de nueve años de edad, sobre patrón *Cleopatra*, plantada a una distancia de 10x5 m y regada por aspersión. La diferencia se debe, en gran medida, a la utilización de distancias de plantación más espaciadas, al empleo de otros patrones y a distintos sistemas de atenciones agrotécnicas. Recientemente Aranguren *et al.* (2017) determinaron en plantaciones de pomelo de nueve años, sobre patrón *Cleopatra*, regada por goteo y con una distancia de siembra de 8 x 2.5 m los siguientes valores de altura para distintos cultivares: 'Marsh Jibarito' 2.6m, Ruby Red 3.4 m y Star Ruby 3.0 m. Estos valores son similares a los encontrados en ésta investigación.

Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo del pomelo

En la Figura 7, se observa el comportamiento de los requerimientos hídricos anuales estimados del cultivo para el período 2000-2017, obtenidos con el empleo de la herramienta CROPWAT, los mismos oscilan entre un mínimo de 966.0 mm y un máximo de 1067.0 mm con una media anual de 1015.0 mm.

Resultados similares encontraron (Ordúz y Fischer, 2007), quienes obtuvieron, en árboles de mandarina 'Arrayana' de 6 años de edad, en el piedemonte del Meta en Colombia, bajo condiciones climáticas tropicales, requerimientos hídricos anuales de 1046.0 mm. En esa investigación se tomaron coeficientes de cultivo (K_c) de 0.75 para los meses húmedos y 0.80 para los meses secos. (De la Fuente, 2007), obtuvo requerimientos de volúmenes de agua de riego para huertas de cítricos en producción, de 1063.0 mm al año, en la región centro de Nuevo León, México, con condiciones de clima tropical y una altura de 15 msnm. Los K_c utilizados en este estudio oscilaron entre 0.65 y 0.75. Los resultados de esas investigaciones muestran cantidades anuales de agua semejantes a los 1000.0 mm, indicados por (Koo, 1963), para la toronja en condiciones de la Florida, Estados Unidos.



FIGURA 7. Requerimientos hídricos anuales estimados para el cultivo del pomelo en Jagüey Grande en el período 2000-2017 según CROPWAT.

Al comparar los requerimientos hídricos estimados para este período con igual número de años precedentes (1982-1999) se pudo constatar que en los últimos 18 años

(2000-2017) la demanda del cultivo fue superior debido al incremento de la evapotranspiración de referencia en el territorio ya que los coeficientes del cultivo utilizados en ambos casos fueron los mismos.

Los requerimientos hídricos del período 1982-1999 oscilaron entre un mínimo de 887,0 mm y un máximo de 1029,0 mm con una media anual de 983,0 mm (Fig. 9), la que es inferior en 32,0 mm a la del período 2000-2017. Los valores mínimos y máximos de demanda del cultivo en el primer período también estuvieron por debajo de los encontrados en la última etapa, con una diferencia de 79 y 38 mm, respectivamente.

Este análisis coincide con lo planteado por varios autores quienes aseguran que el clima, como consecuencia del cambio climático global, está sufriendo modificaciones que apuntan hacia el incremento de las temperaturas y disminución de las precipitaciones lo que conlleva al aumento de la evapotranspiración de referencia y por consiguiente a un incremento de la demanda hídrica de los cultivos (Verdecia, 2016; Duarte *et al.*, 2017, 2020; Valdés, 2017; Duarte y Valdés, 2018).

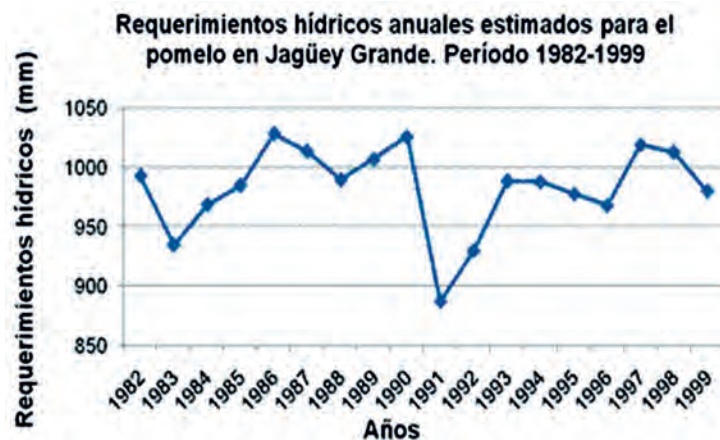


FIGURA 8. Requerimientos hídricos anuales estimados para el cultivo del pomelo en Jagüey Grande en el período 1982-1999.

CONCLUSIONES

- Los requerimientos hídricos del cultivo del pomelo en Jagüey Grande, en el período de estudio, oscilan entre un mínimo de 966,0 mm y un máximo de 1067,0 mm anuales con una media anual de 1015,0 mm.
- Los valores promedio de ET₀ más bajos en Jagüey Grande corresponden a los meses de diciembre y enero con 2,84 y 2,86 mm día⁻¹, respectivamente, mientras que los más altos se mostraron en los meses de abril 4,88 mm día⁻¹ y mayo

4,91 mm día⁻¹.

- El valor promedio de precipitación efectiva en el período lluvioso (mayo-octubre) en Jagüey Grande (794,0 mm) supera en 214,0 mm a la evapotranspiración del cultivo (580,0 mm), mientras que en el período poco lluvioso (noviembre-abril) la demanda del cultivo (436,0 mm) es superior en 220,0 mm al valor de lluvia aprovechable (216,0 mm).
- En el pomelo 'Marsh' prevalece un escaso desarrollo del sistema radical activo con una profundidad media de 0,43 m y la altura promedio de las plantas es de 3,5 m.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, R.; PARETAS, J.: *Incendios Forestales*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, Cuba, 318 p., 2011.
- ANAYA, B.; DEERE, C.D.; FERNANDEZ, E.; GARCÍA, A.; GONZÁLEZ, G.; MUIÑO, B.L.; NOVA, A.; ROYCE, F.S.: "Conviviendo con el HLB: la diversificación de la industria cítrica en Cuba", *Working Paper*, ser. Cuba-US Agricultural Research Working Paper Series. Center for Latin American Studies and Institute for Food & Agricultural Sciences, University of Florida, 4: 27, julio de 2016.
- BELLO, L.: *Comportamiento agrícola de variedades de cítricos en Jagüey Grande*, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Mecanización Agropecuaria, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba, 103 p., 1990.
- BOSCH, D.; PANEQUE, J.; CASTELLANOS, N.; PEÑA, O.; FUENTES, E.; SALAZAR, A.: *Estudio del sistema radicular de los cítricos para la implantación del sistema de riego en plantaciones de la empresa de cítricos "Ceiba"*, Inst. Biblioteca Unidad Científico Tecnológica

- de Base Jagüey Grande, Informe Técnico, Jagüey Grande, Matanzas, Cuba, 1998.
- DE LA FUENTE, H.: *Manejo del agua y fertirrigación en cítricos*, ser. Rocha y Padrón. El cultivo de los cítricos en el Estado de Nuevo León, Inst. INIFAP, Nuevo León, Estado de Nuevo León, México, 119-155 p., 2007.
- DUARTE, D.C.E.; HERRERA, P.J.; HERRERA, Z.E.: “Predicción de las normas netas de riego a futuro en el pronóstico de riego”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(3): 3-10, 2017, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- DUARTE, D.C.E.; UTRIA, B.E.; HERRERA, P.J.; HERRERA, Z.E.: “Modelación de las normas netas de riego de la papa según la variabilidad climática”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(1): 8-12, 2020, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- 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*, 8(2): 41-47, 2018, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- ELIZASTIGUE, Y.: *Evaluación de la lluvia efectiva con diferentes métodos empíricos*, Universidad Tecnológica de La Habana-CUJAE, Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Hidráulico, Marianao, La Habana, Cuba, 61 p., 2018.
- EZATOLLAH, K.V.; MARZIEH, K.E.: “Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran”, *Journal of Integrative Agriculture*, 15(2): 27-31, 2018, ISSN: 2095-3119.
- GARZÓN, D.L.: *Evaluación de la influencia del déficit hídrico en el crecimiento y desarrollo de la naranja Valencia (Citrus sinensis L. Osb.) en el pie de monte llanero de Colombia*, Universidad Nacional de Colombia, Tesis de Maestría, Bogotá, Colombia, 114 p., 2012.
- HERNÁNDEZ, A.; ASCANIO, M.; CABRERA, A.; MORALES, M.; MEDINA, N.: *Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de cuba con World Reference Base, Conferencia en Posgrado de Clasificación de suelo*, conferencia, La Habana, Cuba, 2004.
- KOLESNIKOV, V.: *Metodología para el estudio del sistema radicular de las plantas frutales y de las bayas en el laboratorio y campo*, Inst. Centro de Información Científico Técnica. Universidad de Matanzas, Metodología, Matanzas, Cuba, 9 – 12 y 36 – 40 p., 1972.
- KOO, R.C.: “Effects of frequency of irrigation on yield of orange and grapefruit”, *Florida State Hort. Soc.*, 76: 1-5, 1963.
- LEVINSON, B.; ADATO, I.: “Influence of reduced rates of water and fertilizer application using daily intermittent drip irrigation on the water requirements, root development and responses of avocado trees (cv. Fuerte)”, *Journal of Horticultural Science*, 66(4): 449-463, 1991, ISSN: 0022-1589.
- MACHADO, R.Y.; DOMÍNGUEZ, I.M.; CHACÓN, A.; SUÁREZ, H.A.M.; YERA, Y.Y.: “Caracterización de la precipitación total y la precipitación efectiva en la Empresa Agropecuaria Yabú”, En: *Conferencia Científica Internacional sobre Desarrollo Agropecuario y Sostenibilidad*, Ed. AgroCentro, vol. 24, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, pp. 67-74, 2016.
- MALEK, K.; ADAM, J.C.; STÖCKLE, C.O.; PETERS, R.T.: “Climate change reduces water availability for agriculture by decreasing non-evaporative irrigation losses”, *Journal of Hydrology*, 561: 444-460, 2018, ISSN: 0022-1694, DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.11.046>.
- MINAG-CUBA: *Instructivo técnico para el cultivo y beneficio de los cítricos*, Ed. MINAG, vol. Tomo I, La Habana, Cuba, 251 p., 1990.
- MINAG-CUBA: *Programa de Desarrollo de la citricultura cubana*, Inst. Ministerio de Agricultura (MINAG), Programa, La Habana, Cuba, 58 p., 2017.
- OÑA, C.: *Evaluación de la lluvia efectiva a partir del balance hídrico bajo diferentes condiciones de manejo del suelo*, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, CUJAE, Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Hidráulico, Marianao, La Habana, Cuba, 64 p., 2019.
- ORDUZ, R.J.O.; FISCHER, G.: “Balance hídrico e influencia del estrés hídrico en la inducción y desarrollo floral de la mandarina ‘Arrayana’ en el piedemonte llanero de Colombia”, *Agronomía Colombiana*, 25(2): 255-263, 2007, ISSN: 0120-9965.
- SINGH, S.; RAJAM, M.V.: “Citrus biotechnology: Achievements, limitations and future directions”, *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 15(1): 3-22, 2009, ISSN: 0974-0430.
- SOLANO, O.O.; MENÉNDEZ, C.G.; VÁZQUEZ, R.M.; MENÉNDEZ, J.G.; MARTIN, M.P.: “Estudio de la evapotranspiración de referencia en Cuba”, *Revista Cubana de Meteorología*, 10(1): 33-37, 2003, ISSN: 0864-151X.
- TOLEDO, E.; CÁRDENAS, R.: “El sistema radical en árboles adultos de naranjo ‘Olinda Valencia’ sobre patrón naranjo ‘Agrio’”, *Cienc. Téc. Agric. Cítricos y Otros Frutales*, (Suplemento): 61-76, 1980.
- VALDÉS, P.J.: *Predicción de las normas netas del riego del cultivo del frijol común en la zona occidental de Cuba*, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, CUJAE, Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Hidráulico, La Habana, Cuba, 57 p., 2017.
- VERDECIA, L.: *Predicción de las normas netas de riego del tomate a cultivarse en las zonas occidental, central y oriental de Cuba en el período 2016- 2050 en función de la variabilidad y el cambio climático*, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, CUJAE, Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Hidráulico, Marianao, La Habana, Cuba, 59 p., 2016.

Yunier Sosa Sánchez, Investigador, Unidad Científico Tecnológica de Base Jagüey Grande, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Calle 24 # 1702 e/ 17 y 17 A, Torriente, Jagüey Grande, Matanzas, Cuba. Teléf.: (53) 45986125 y 45986193, e-mail: ciencias@aductvlg.co.cu

Carmen E. Duarte Díaz, 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: carmen.duarte@boyeros.iagric.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7887-6289>

Enrique Cisneros Zayas, 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: enrique.cisneros@boyeros.iagric.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1021-0680>

Alina Puente Sánchez, Investigadora, Unidad Científico Tecnológica de Base Jagüey Grande, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Calle 24 # 1702 e/ 17 y 17 A, Torriente, Jagüey Grande, Matanzas, Cuba. Teléf.: (53) 45986125 y 45986193, e-mail: ciencias@aductvlg.co.cu

Livia González Risco, Investigadora, Unidad Científico Tecnológica de Base Jagüey Grande, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Calle 24 # 1702 e/ 17 y 17 A, Torriente, Jagüey Grande, Matanzas, Cuba. Teléf.: (53) 45986125 y 45986193, e-mail: ciencias@aductvlg.co.cu

Mabil Breffe Navarro, Profesora, Centro Universitario Municipal Jagüey Grande, Universidad de Matanzas, Calle 54 /9 y 11 No 904, Jagüey Grande, Matanzas, Cuba. Teléf.: 45912594. Email: mabil.brefe@umcc.cu

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

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.