



USO EFICIENTE DEL AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE AGUACATE HASS

Diana Dorado Guerra , Luis Carlos Grajales, Hugo Mario Reyes, Alexander Rebolledo

Centro de Investigación
Palmira, Corporación
Colombiana de
Investigación Agropecuaria
(CORPOICA).

✉:
ddorado@corpoica.org.co.

Palabras clave:
Uso eficiente del agua,
evapotranspiración de
referencia, aguacate Hass

RESUMEN

El beneficio de aplicar riego depende del conocimiento de la cantidad de agua que consume un cultivo y del momento oportuno para aplicarla, con el objetivo de no perjudicar su rendimiento. En condiciones subtropicales se ha destacado la importancia que el manejo del agua tiene en el cultivo del aguacate, argumentando que su disponibilidad puede elevar su rendimiento. Se caracterizó las condiciones edáficas, climáticas y fisiológicas para un ciclo productivo en las regiones de mayor producción de aguacate Hass en Colombia son: Cauca, Antioquia y Tolima, con el fin de identificar los períodos sensibles del cultivo al déficit hídrico y planificar la aplicación de agua. Se desarrolló un sistema para estimar las necesidades de riego del cultivo basado en la metodología de balance hídrico climático, determinando la evapotranspiración de referencia (ET_o) mediante dos métodos, el primero a partir de datos meteorológicos utilizando el modelo FAO-Penman Monteith y el uso del software ET_o Calculator 3.1, el segundo utilizando el tanque evaporímetro clase A. El rendimiento por hectárea fue similar entre las localidades siendo 7,5 t/ha. La demanda de agua promedio calculada por los dos métodos estuvo entre 3.7 y 3.2 mm/día para Antioquia, 3.6 y 3.0 mm/día para Cauca, 2.9 y 2.2 mm/día para Herveo, con una diferencia promedio de 22.5 entre métodos. El requerimiento de agua promedio estimado para un ciclo productivo en las tres zonas fue 2150 m³/árbol. La eficiencia del uso del agua para la producción de fruto fresco fue 3,5 kg/m³. Se obtuvo una alta correlación entre la evapotranspiración de referencia calculada y las variables de clima: temperatura máxima y humedad relativa, obteniendo dos ecuaciones de regresión para el cálculo de las necesidades hídricas del cultivo.

EFFICIENT USE OF WATER IN HASS AVOCADO PRODUCTION

Key words:
water use efficient,
reference
evapotranspiration,
avocado

**SUELOS
ECUATORIALES**
45 (1): 31-35

ISSN 0562-5351

ABSTRACT

The benefit of applying irrigation depends on knowledge of the amount of water consumed by a culture and time to implement, in order not to impair its performance time. In subtropical conditions have highlighted the importance of water management has in growing avocados, arguing that its availability can elevate your performance. Edaphic, climatic and physiological conditions for a productive cycle in the regions of highest Hass avocado production in Colombia Cauca, Antioquia and Tolima in order to identify sensitive periods of the crop to water deficit and plan the implementation of water were characterized. A system for estimating irrigation requirements based on the climatic water balance methodology was developed culture, determining reference evapotranspiration (ET_o) by two methods, the first from meteorological data using the FAO Penman-Monteith model and use the ET_o Calculator 3.1 software, the second using the class A pan evaporation yield per hectare was similar between the towns being 7.5 t / ha. The average water demand calculated by the two methods was between 3.7 and 3.2 mm / day for Antioquia, 3.6 and 3.0 mm / day for Cauca, 2.9 and 2.2 mm / day for Herveo, with an average difference of 22.5 between methods. The average estimated water requirement for a production cycle in the three zones was 2150 m³ / tree. Use efficiency of water use for the production of fresh fruit was 3.5 kg / m³. A high correlation between the calculated reference evapotranspiration and climate variables were obtained: maximum temperature and relative humidity, obtaining two regression equations for the calculation of crop water requirements.

Rec.: 08.11.2014

Acep.: 11.05.2015

INTRODUCCIÓN

El agua y su adecuado manejo constituyen una de las principales limitaciones en el desarrollo tecnológico del agro (Pereira *et al.*; 2010). Por lo tanto la gestión del recurso hídrico puede mejorar si los usuarios del riego logran utilizar el agua de acuerdo a las necesidades del cultivo, aplicando solo el volumen de agua requerido, en el momento adecuado y la frecuencia apropiada (Pérez *et al.*, 2009). En este sentido, se está desarrollando donde se utiliza la evapotranspiración de referencia (ET_o) como base para estimar los requerimientos hídricos del cultivo de aguacate Hass en fase productiva. El objetivo de este trabajo fue generar alternativas que permitan mejorar la productividad del recurso agua para un uso óptimo que garantice su sostenibilidad, con un manejo sostenible de los recursos naturales y prácticas adaptadas a las condiciones del trópico colombiano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en tres municipios de importancia en la producción de aguacate Hass, Morales (Cauca), Rionegro (Antioquia) y Herveo (Tolima).

Caracterización hidrofísica del suelo y climática de las zonas de estudio: Para la caracterización hidrofísica de las tres zonas se utilizó el principio de la botella de Mariotte, aplicando la metodología reportada por Ríos-Rojas (2003). El propósito de esta metodología es simular el funcionamiento de un emisor de riego (gotero), para medir el bulbo de humedecimiento y la profundidad a la que llega cierto volumen de agua por un tiempo determinado y de esta forma establecer el comportamiento del agua en el suelo. En cuanto a la caracterización climática se desarrolló un análisis multianual de algunas variables climáticas que influyen en el cálculo de la ET_o. Los datos climáticos corresponden a una serie histórica de 10 años de observaciones de estaciones con influencia sobre las zonas donde se realiza el estudio, en Rionegro se usó la información de la estación climática del Centro de Investigación de CORPOICA La Selva, en Herveo se utilizó la información de la estación climática El Cedral (CENICAFE) y en Morales se obtuvo la información de la estación La Trinidad (CENICAFE).

Estimación de Evapotranspiración de referencia (ET_o): Se utilizó el método estándar recomendado

actualmente por la FAO, Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998; Pérez y Castellví, 2002), en donde se utilizaron datos climáticos de radiación solar, temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento. También se estudió el comportamiento de esta variable con el tanque evaporímetro clase A, siguiendo la metodología propuesta por Allen *et al.* (1998).

Análisis de variables climáticas: Del análisis multianual de las principales variables climáticas, se realizó un análisis de las variables que más influían en la determinación de la ET_o, utilizando regresión lineal simple.

Uso eficiente del agua: Se utilizó el enfoque de indicador de productividad del agua o eficiencia en el uso del agua (EUA) desarrollado por Molden *et al.*, 1998.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comparando los resultados de la caracterización hidrofísica de las tres localidades se observa que en Herveo el bulbo de humedecimiento es mayor, esto se explica por la topografía con pendientes del 60% en este huerto. Sin embargo se corroboró en campo que la pendiente no distorsiona el perfil de humedecimiento que forma el gotero. La profundidad efectiva del cultivo, 45 cm, se alcanza a los 45 minutos de riego en todas las localidades con excepción a los suelos de Rionegro sin capa de materia orgánica, donde la profundidad alcanzada fue de 18 cm en el mismo tiempo (Tabla 1).

De la caracterización climática se obtuvo que las tres zonas presentan un balance hídrico positivo, durante casi todo el año, sin embargo la distribución de las lluvias no es uniforme por lo cual existen meses de déficit donde se debe aportar agua a los cultivos por medio de riego. En la tabla 2 se muestran los resultados de la caracterización de las tres zonas de ejecución.

Tabla 1. Caracterización hidrofísica

CARACTERIZACIÓN	MORALES	HERVEO	RIONEGRO
Altitud (m. s. n. m)	1.600	1.943	2.172
Temperatura media (°C)	19,0	15,1	17,1
Precipitación media (mm/año)	1.800	2.908	1.990
Evaporación media (mm/año)	1.150	851	1.210
Brillo solar (horas/día)	4,0	2,2	5,0
Humedad relativa (%)	80,2	88,0	76,9

Tabla 2. Caracterización climática y del sistema productivo

Tiempo (min)	MORALES		HERVEO		RIONEGRO SNO		RIONEGRO SO	
	DH (cm)	Prof (cm)	DH (cm)	Prof (cm)	DH (cm)	Prof (cm)	DH (cm)	Prof (cm)
15	24,5	20,0	24,5	20,0	37,6	10,0	19,1	33,0
30	30,6	38,0	30,6	30,0	38,2	18,0	29,6	40,0
45	37,9	45,0	41,4	45,0	44,6	24,0	33,7	44,0
60	38,2	53,0	43,6	60,0	37,9	18,0	38,5	47,0

Con los datos obtenidos en el cálculo de la ETo se realizó una comparación gráfica de los dos métodos utilizados. En la figura 1 se muestra los resultados obtenidos. En el municipio de Herveo la ETo presenta un comportamiento similar para los dos métodos utilizados, sin embargo la ETo determinada con el tanque evaporímetro clase A, es menor a los obtenidos con el modelo de Penman-Monteith y a los observados en el análisis climático multianual realizado para esta localidad que en promedio es de 2.4 a 3.4 mm, por lo cual se puede inferir que se está subestimando la evapotranspiración al ser calculada por el método directo. Para el municipio de Morales se puede observar que la ETo definida por ambos métodos adquiere una tendencia similar, pero al igual que en Herveo, la ETo calculada mediante el tanque clase A es menor a la estimada por Penman-Monteith. En el municipio de Rionegro, el comportamiento de la variable es similar para ambos métodos de cálculo, se observa que los valores determinados por las dos

metodologías son parecidos entre sí para la época donde la demanda evaporativa comienza a disminuir. Caso contrario ocurre cuando la demanda evaporativa aumenta.

Como se observa en la tabla 3, la temperatura máxima y humedad relativa con un R² de 0,72 y 0,74, en Morales presentan una mayor correlación con ETo, en Rionegro con un R² mas bajo la temperatura máxima y humedad relativa explican el 42% de la variación, mientras que en Herveo el R² es más alto para la temperatura máxima y humedad relativa. La temperatura mínima y radiación solar tiene una influencia baja en los cambios de ETo. Santana y Peña (2010) obtuvieron diferentes modelos para la determinación de ETo en condiciones de clima subhúmedo relacionando las variables climáticas, encontraron coeficientes de determinación altos para las variables de temperatura y evaporación oscilando entre 0,85 y 0,98.

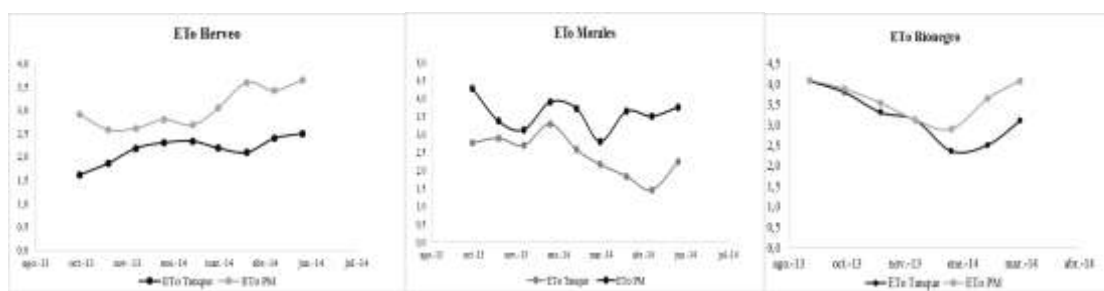


Figura 1. Comparación de métodos para el cálculo de ETo.

Tabla 3. Valores de R² para las distintas comparaciones realizadas

Variables climáticas	Coeficiente R ²		
	Morales	Rionegro	Herveo
Temperatura media (°C)	0,63	0,148	0,343
Temperatura mínima (°C)	0,066	0,084	0,04
Temperatura máxima (°C)	0,723	0,422	0,731
Humedad Relativa (%)	0,742	0,415	0,609

Uso eficiente del agua

Para las tres localidades de los arboles correspondientes al experimento de caracterización del ciclo productivo. La producción por planta obtenida en la segunda cosecha de 2013 es mayor en Rionegro con 81.7 Kg, seguida por Herveo con 61,3 Kg mientras que en Morales es 26,6 Kg, este mismo comportamiento se observa en el peso del fruto y número de frutos por árbol. El rendimiento por hectárea es mayor en Rionegro con 12.8 t, mientras que en Herveo y Morales son similares, siendo 7,5 y 7,6 t/ha respectivamente, debido a que el número de plantas por hectárea difiere entre las localidades; en Morales las plantas están sembradas a una distancia de 5 x 7 m con una densidad de 285 plantas/ha y en Herveo están a una distancia de 9 x 9 m con una densidad de 123 plantas/ha.

Tabla 4. Uso eficiente del agua

	Rionegro	Morales	Herveo
Rendimiento (Kg/ha)	12751,1	7581,0	7539,9
Rendimiento (t/ha)	12,8	7,6	7,5
Lam (mm/año)	2256,5	2083,8	2308,8
EUA Ren (Kg/mm)	5,7	3,6	3,3

La eficiencia del uso del agua se determinó con el rendimiento promedio de cada zona y la cantidad de agua que aportó la precipitación durante el ciclo del cultivo. Se encontró que para la producción de fruto fresco el valor más alto de EUA correspondió a Rionegro como se muestra en la tabla 4. Para aguacate Hass hay pocas investigaciones donde se determine el uso eficiente del agua, se encuentra investigaciones en

cítricos donde se reporta un EUA entre 8,0 y 11,0 según García-Tejero, *et al* (2011).

CONCLUSIONES

Definir un método para el cálculo de la ETo para programar el riego en determinada región, es de vital importancia, dado que este influye directamente en la cantidad de agua que requiere el cultivo y una subestimación de éste valor puede incurrir en un menor aporte de agua que puede repercutir en la producción.

La evapotranspiración de referencia determinada con el tanque evaporímetro clase A, es menor a la obtenida con el modelo de Penman-Monteith y a los observada en el análisis climático multianual para cada zona de estudio, por lo cual se puede inferir que se está subestimando la evapotranspiración al ser calculada por el método directo.

Las variables climáticas temperatura máxima y humedad relativa presentaron una alta correlación con la evapotranspiración de referencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO. Rome, Italy.
- García-Petillo, J.R., Castel, J.R. 2007. Water balance and crop coefficient estimation of a citrus orchard in Uruguay. Spanish Journal of Agricultural Research, 5 (2), 232-243.
- García-Tejero, I., Romero-Vicente, R., Jimenez-Bocanegra, J.A., Matínez-García, G., Durán-Zuazo, V.H., Muriel-Fernández, J.I. 2010. Response of citrus trees to deficit irrigation during different phenological periods in relation to yield, fruit quality, and water productivity. Agricultural Water Management, Vol. 97, pp: 689–699.
- Pereira S, L., de Juan Valero, J.A., Picornell B, M. R., Martín-Benito, J.M. 2010. El Riego y sus tecnologías. Centro Regional de Estudios del Agua, Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete, España.

- Pérez, S.P. Castellví S.F. 2002. Análisis de la evapotranspiración a escala local y regional en Cataluña. *Ingeniería del agua*, ISSN 1134-2196, Vol. 9, N° 1, 2002, pags. 59-72.
- Pérez U, L., Camacho P, E., Rodríguez D, J.A., López, R. 2009. Gestión sostenible del agua de riego. *Analistas económicos de Andalucía*. Andalucía, España.
- Rios-Rojas, L. 2003. Estudio del comportamiento de goteros que funcionan con el principio de la botella de Mariotte en diferentes tipos de suelo. Trabajo de tesis para optar al título de Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
- Santana L., Peña E. 2010. Obtención de modelos para la determinación de la evapotranspiración de referencia en condiciones de clima subhúmedo seco en las Tunas, Cuba. *Idesia (Chile)*, ISSN 0718-3429, Vol. 28, N° 1, 2002, pags. 55-59.