

Efecto del manejo del riego en la asociación aguacate–guayaba

Handling effect of the irrigation in avocado-guava association

Luis M. Fornaris¹; Geisy Hernández² y Teresa López³

RESUMEN. El presente trabajo resume los resultados de investigación que definen el manejo de los requerimientos del agua de riego para la finca integral de frutales Sandoval 2 de la Empresa Cítrico Ceiba. La entrega de agua a los cultivos asociados se realizó con un sistema de riego localizado, empleando la técnica de riego por goteo. El mismo se manejó con dosis variables en función del tiempo de riego e intervalos fijos. La evaluación del sistema de riego arrojó un caudal medio de $1,2 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$, lo que equivale al 54,5% del agua a aplicar, esto es debido al bajo valor del coeficiente de aplicación del agua, (23,3%), y al coeficiente de variación total de los caudales del 0,74. La lámina de agua aplicada estuvo en función del tiempo de riego, la cual varió entre 15–37 mm, aplicada en días alternos, los resultados de la dinámica de humedad en el suelo durante el período evaluado demostraron que el 27% de los valores de humedad estuvieron por debajo del límite productivo considerado para el manejo del riego localizado (90% de la capacidad de campo). Por otra parte se corroboró que mantener variaciones en los niveles de humedad en el suelo durante el período productivo de la guayaba afecta significativamente el total de frutos por planta y los rendimientos al obtenerse con este manejo del riego rendimientos de hasta 9,44 t/ha. **Palabras clave:** nivel de humedad, rendimiento.

ABSTRACT. The present work summarizes the investigation results that define the handling of the requirements of water tables for fruit-bearing Sandoval's integral property 2 of the Company Citric fruit Ceiba. The delivery of water to the associate cultivations was carried out with a system of located watering, using the watering technique for leak. The same one was managed with variable dose in function of the time of watering and fixed intervals. The evaluation of the watering system throws a half flow of $1,2 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$, what is equal to 54,5% of the water to apply, this is due to the first floor value of the coefficient of application of the water, (23,3%), and to the coefficient of total variation of the flows of the 0,74. The sheet of applied water was in function of the time of watering, which varied among 15-37 mm, applied in alternating days, the results of the dynamics of humidity in the floor during the valued period demonstrated that 27% of the securities of humidity was below the productive limit considered for the handling of the located watering (90% of the field capacity). On the other hand it was corroborated that to maintain variations in the levels of humidity in the floor during the productive period of the guava affects the total of fruits significantly for plant and the yield when being obtained with this handling of the watering yields of up to $9,44 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Keywords: moisture level, yield.

¹Ing., Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Ave. 7ma. N° 3005 e/ 30 y 32, Playa, La Habana, Cuba, E-mail: luismfornaris@iift.cu

²M.Sc., Inv. Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), La Habana, Cuba.

³Dr.C., Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), La Habana, Cuba.

Recibido 23/12/10, aprobado 25/11/11, trabajo 00/11, investigación.

INTRODUCCIÓN

El hecho de que el agua sea un recurso cada vez más escaso, obliga a utilizarse de forma eficiente y a manejar con eficacia los mecanismos de gestión. Resultando fundamental en estos momentos la incorporación de nuevas tecnologías agronómicas al riego para que mejoren entre otros el diseño, el manejo y el funcionamiento de los sistemas de riego y poder conseguir así un balance económico óptimo y una idónea utilización del agua. Sin embargo poco se conoce sobre las necesidades reales de agua que demandan los cultivos asociados (Aguacate-Guayaba) en nuestras condiciones y los elementos agronómicos para explotar los sistemas de riego, lo cual trae consigo aplicaciones de riego con mala calidad y baja eficiencia. Tradicionalmente, los rendimientos por hectárea de las fincas de frutales han sido bajos, lo cual está dado fundamentalmente por el empleo de tecnologías que no son las más adecuadas para la producción intensiva, el desconocimiento y la falta de motivación para la producción de estos cultivos. No obstante en los últimos años, se han fomentado las fincas integrales de frutales con tecnologías más intensivas, que incluyen el empleo de mayor densidad de plantas por hectárea, técnicas para la reducción del tamaño de las plantas y la inducción de la floración, el empleo del riego para manejar el déficit hídrico de acuerdo a las fases fenológicas de las especies con resultados que han demostrado que es posible lograr producir bajo nuestras condiciones, con altos rendimientos y eficiencia.

En las fincas integrales de frutales, se han asociado especies que comiencen su producción tempranamente y den altos rendimientos, las cuales requieren del riego para obtener

producciones constantes durante todo el año. Pero aún quedan por determinar muchos elementos en el manejo del mismo y de este modo garantizar un uso más eficiente del recurso agua. Por lo que este trabajo se propuso evaluar el manejo del agua de riego empleado en los cultivos asociados.

MATERIALES Y MÉTODOS.

La investigación fue realizada en la finca integral Sandoval 2 perteneciente a la Empresa Cítricos Ceiba, Provincia Artemisa.

Los cultivos asociados son el Aguacate (*Persea americana Mill*, variedad Julio), como cultivo principal y el guayabo (*Psidium guajava L.*, variedad Enana Roja Cubana EEA 18-40), como cultivo asociado en las hileras de aguacate.

La zona de estudio es de topografía llana con pendientes menores del 1%, en un suelo Ferralítico Rojo Típico del género Eútrico, con las propiedades hidrofísicas que se relacionan a continuación en la Tabla 1, obtenidas de Cid (2010).

El comportamiento de la variable climática de precipitación se siguió a través de un pluviómetro localizado en el área de estudio y la evapotranspiración de referencia (ET_o) a partir de la información obtenida por Solano *et al.* (2010), datos que se representan en promedios decenales en la Figura 1.

El marco de plantación para el aguacate fue de 7,0 x 6,0 m (densidad de 238 planta·ha⁻¹ y por la guayaba en las hileras se establecieron dos plantas entre las de aguacate. El período experimental se desarrolló entre enero-agosto del 2010, con una edad de la plantación al inicio de 633 días y una duración del experimento de 20 decenas.

TABLA 1. Propiedades hidrofísicas del suelo

Profundidad (cm)	Capacidad de campo($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)	Densidad aparente ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	Velocidad de Infiltración($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$)
0-20	0,374	1,11	52
20-40	0,413	1,2	
40-60	0,408	1,2	

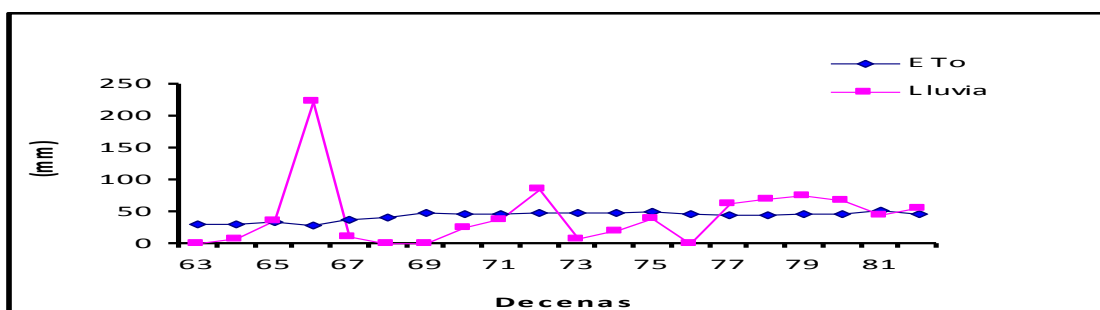


FIGURA 1. Comportamiento de la Lluvia y la ETo en el período experimental.

La entrega de agua a la asociación se realizó con un sistema de riego localizado por goteo superficial (condiciones de explotación soterrado) con emisores de $2,2 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$, espaciados $0,65 \text{ m}$. Se colocó una tubería de PEBD de 20 mm por hilera de plantas y el sistema después de evaluado presentó un coeficiente de uniformidad (Cu) del $23,3\%$, con un gasto instalado de $3,684 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{planta}^{-1}$ y un coeficiente de variación total de los gastos de $0,74$.

Las labores culturales, la fertilización y el control fitosanitario fueron realizados tal según los instructivos y guías técnicas de los cultivos (*Fincas Integrales de Frutales 2009a,b*; *Guías Técnicas de la Guayaba 2009c*; *Guías Técnicas del Aguacate, 2009c*).

El riego se aplicó en función del cultivo de máxima demanda hídrica (guayaba), con intervalos fijos (días alternos) y dosis variables (en función del tiempo de riego $140\text{--}240 \text{ L} \cdot \text{planta}^{-1}$ según los instructivos y guías técnicas

atendiendo a la fase de desarrollo del mismo.

Para la evaluación del manejo de riego en la finca, se efectuó a través del nivel de humedad en el suelo, el cual fue monitoreado mediante una batería de tensiómetros en la asociación de cultivo ubicado a tres profundidades $0,30$; $0,40$; $0,60 \text{ m}$. Además se instalaron en otras posiciones tres tensiómetros a $0,30 \text{ m}$. Las lecturas se realizaron diariamente en horas tempranas, además se registraron los riegos aplicados a la asociación.

El balance hídrico se realizó para la determinación de la evapotranspiración del cultivo, registrada y convertida a contenidos de humedad y láminas de agua almacenada a la profundidad de $0,30 \text{ m}$, considerada como la profundidad radical óptima para la guayaba en esta fase de producción. Para ello también se registraron los ingresos decenales por riego y precipitación. Se utilizó para el cálculo del balance hídrico el método simplificado, el

cálculo de los coeficientes de cultivo se efectuó según (Allen *et al.*, 2006).

Se selecciono un área de 0,44 ha que fuera representativa de las características de los cultivos, la cual quedo conformada por ocho hileras de plantas en la que se encuentran ubicadas 104 plantas de aguacate y 192 de guayaba, seleccionando para la evaluación 20 plantas de aguacate y 15 de guayaba, aleatoriamente en dos diagonales cruzadas para evitar los efectos de borde, según la metodología de *Fincas Integrales de Frutales* (2009a), para el muestreo de los cítricos y frutales. Las mediciones fenológicas estuvieron encaminadas a conocer el número total de frutos y rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 muestra, el comportamiento de la dinámica de humedad en el suelo, a 0,30 m de profundidad, observándose que los valores de potencial del agua en el suelo siguen la misma tendencia en todos los puntos. Este resultado apunta a la representatividad de la evaluación del manejo del riego en el punto escogido de la asociación guayaba-aguacate. La variabilidad observada en los valores de potencial del agua en el suelo confirma la alta variabilidad obtenida entre caudales.

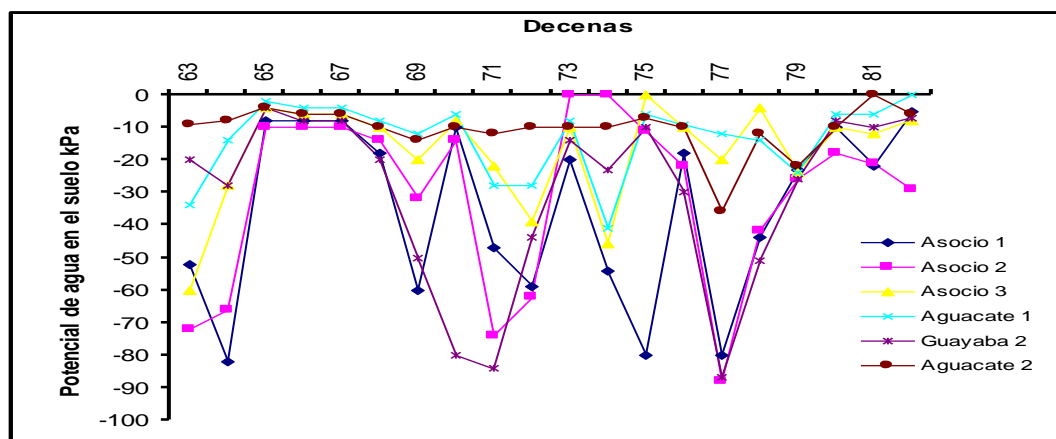


FIGURA 2. Dinámica de la tensión de humedad en el suelo a 30 cm de profundidad.

Por su parte la Figura 3 muestra la dinámica de humedad volumétrica en el suelo monitoreada por las lecturas tensométricas a 0.30m de profundidad en el punto de la asociación aguacate-guayaba. Como se puede observar, 53 valores de humedad monitoreados durante el período de estudio, estuvieron por debajo del límite productivo recomendado como óptimo, para el manejo del riego localizado (90% del valor de humedad a capacidad de campo) representando un 27%, lo que nos indica que la planta tiene que realizar un

mayor gasto de energía para tomar el agua del suelo; mientras que el 36% de los valores estuvieron por encima del valor correspondiente a la capacidad de campo.

En la Tabla 2 se puede apreciar el número total de riegos y la dosis total aplicada como resultado del régimen de humedecimiento a que se sometieron los cultivos. En la misma se muestra que en el ciclo de estudio se dieron 36 riegos con una dosis parcial promedio de 24,7 mm·día⁻¹ y una dosis total de agua aplicada de 890 mm.

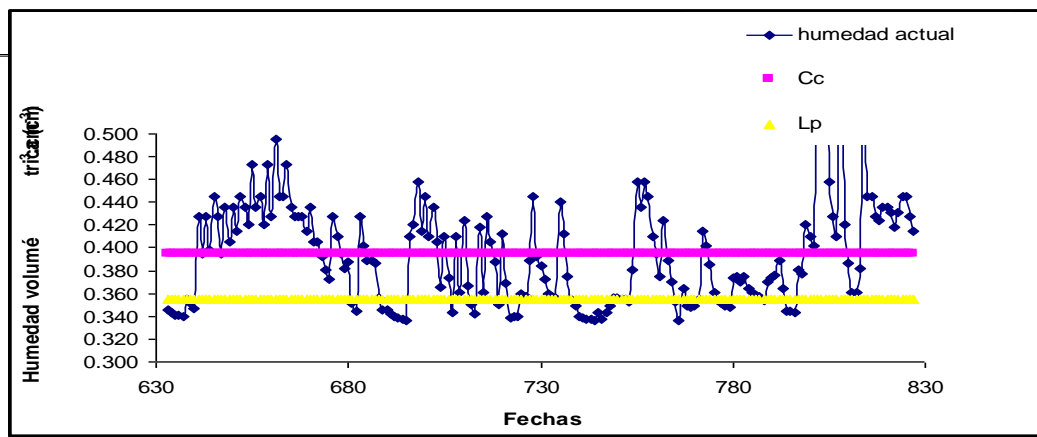


FIGURA 3. Dinámica de la humedad volumétrica en el suelo a 30 cm de profundidad.

Balance hídrico en el suelo

TABLA 2. Número de riegos, dosis parciales y totales durante el ciclo del cultivo

Número de riegos aplicados	Dosis parcial de agua aplicada(mm·día ⁻¹)	Dosis total de agua aplicada(mm)
36	24,7	890

En la Figura 4 se resume la contribución de los ingresos de agua por precipitación y riego en cada decena a los ingresos efectivos, considerados para el balance hídrico hasta la profundidad radical (0,30m) en la asociación aguacate-guayaba estudiada. Analizando la contribución por separado de la precipitación y el riego a los ingresos efectivos totales (Figura 4) se puede observar que en la decena de mayor ingreso por lluvia (67) ésta no contribuyó significativamente al ingreso efectivo, ya que fue una precipitación

puntual y de gran intensidad, por lo que más del 90% de la misma se perdió por drenaje interno. En las decenas donde la precipitación fue menos intensa y mejor distribuida durante la misma (64-66; 70-73; 78-82) su contribución fue mayor (más del 40%) y en las decenas donde el riego se efectuó según la programación establecida en días alternos (64-66, 71, 76) gran parte del mismo se perdió (entre 30%-50%) debido a que no se tuvo en cuenta para el cálculo de las normas el contenido de agua real antecedente al mismo.

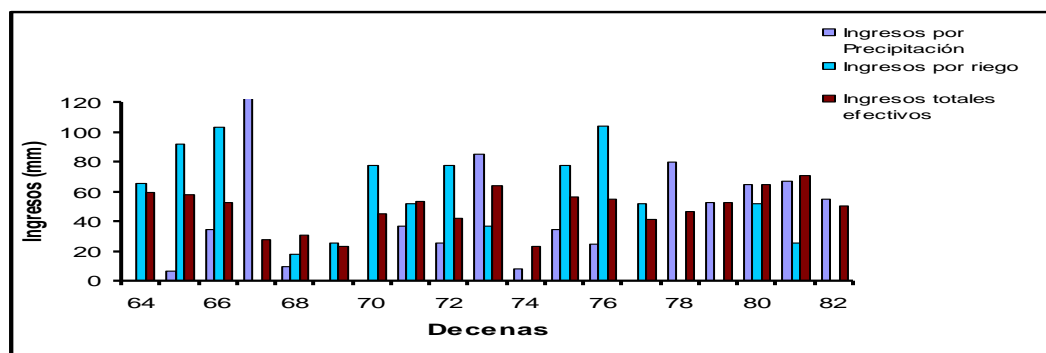


FIGURA 4. Contribución de los ingresos de agua, decenales durante el período de estudio en la asociación aguacate-guayaba por separados en precipitación y riego a los ingresos efectivos para el balance hídrico.

En la Figura 5 se resume el resultado del balance hídrico decenal efectuado para la determinación de la evapotranspiración del cultivo y se muestran

además en la misma los ingresos por lluvia y riego efectivos en cada decena. Como se puede observar en las decenas iniciales (64-66) y finales (79-81)

la ETC decenal y diaria presentó los mayores valores por encima de la ETO (entre un 15%-40%), en el resto de las decenas ésta estuvo igual o por debajo de la ETO. Por su parte en las decenas de menores ingresos efectivos (67-69, 72 y 74), la ETC solo representó entre el 50%-60% de la ETO. Este resultado indica un déficit de agua para la asociación estudiada, ya que según Hernández *et al* (2007), al estudiar el cultivo de la guayaba, que representa en esta asociación el cultivo de máxima demanda, en su fase de producción el consumo real del mismo, ETC, debe al menos igualarse a la evapotranspiración de referencia, ETO. El rango de valores decenales y diarios de la ETC estuvo entre 24 mm–69mm y 3,3 mm–5,1 mm respectivamente, con un valor total de 846 mm en 195 días de estudio. Por otra parte Hernández *et al.* (2007) obtuvieron rangos de valores decenales y diarios de la ETC entre 40 mm–69,5 mm y 3,3 mm–6,9 mm respectivamente, con un valor total de 1139 mm para el mismo tiempo de estudio.

Finalmente en la Figura 6 se muestran los valores de los coeficientes de cultivo, Kc, obtenidos para cada decena durante el período de estudio de la asociación aguacate-guayaba y se comparan con el valor definido por Hernández *et al.* (2007)

como óptimo para la fase de producción del cultivo de la guayaba, que es el cultivo de máxima demanda en esta asociación. El valor medio decenal obtenido en este estudio para el período analizado es de 1,0. Como se puede observar solo en las decenas iniciales y finales donde los ingresos fueron mayores, el coeficiente de cultivo decenal se acercó al óptimo (1,31), con un valor medio de 1,4. En el resto de las decenas los valores de Kc estuvieron muy por debajo del máximo y de la media observada, con los menores valores en las decenas de menores ingresos (67-69, 72, 74) donde se tiene un valor medio de Kc de 0,60.

Este resultado indica como ya se explicó anteriormente un déficit de agua disponible para el consumo de la planta en estos períodos, lo cual a su vez redundará en una afectación al rendimiento potencial del cultivo como se explicará más adelante. Los valores observados para estas decenas no superan los coeficientes de cultivo máximos reportados por la FAO (Allen *et al.* 2006) para cultivos de cítricos y aguacates en condiciones no tropicales, para los cuales se reportan Kc de 0,85 en la fase de producción establecida.

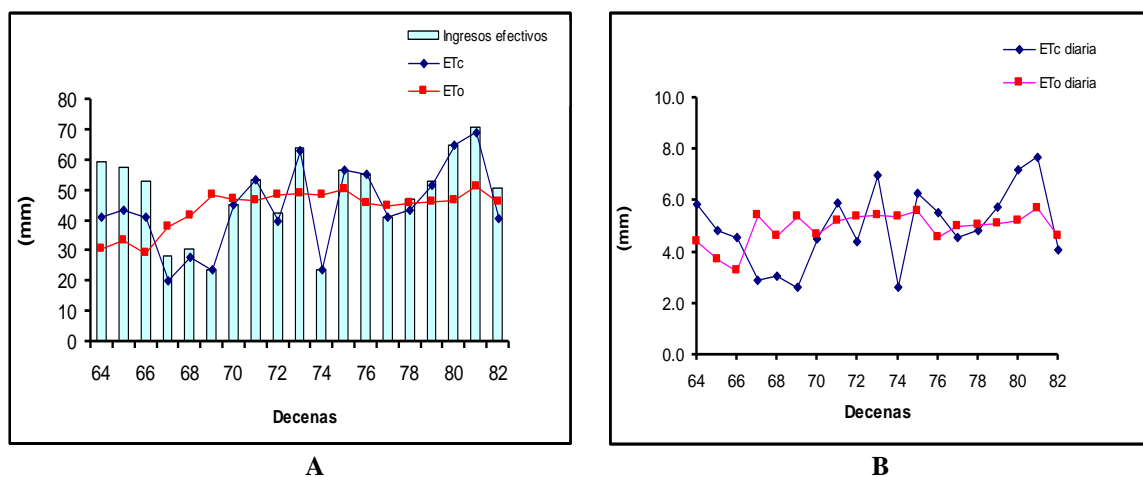


FIGURA 5. Comportamiento de la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la de referencia (ETo) durante el período de estudio en la asociación aguacate-guayaba: A-valores de ETc y ETo decenales, B-valores ETc y ETo diarios estimados.

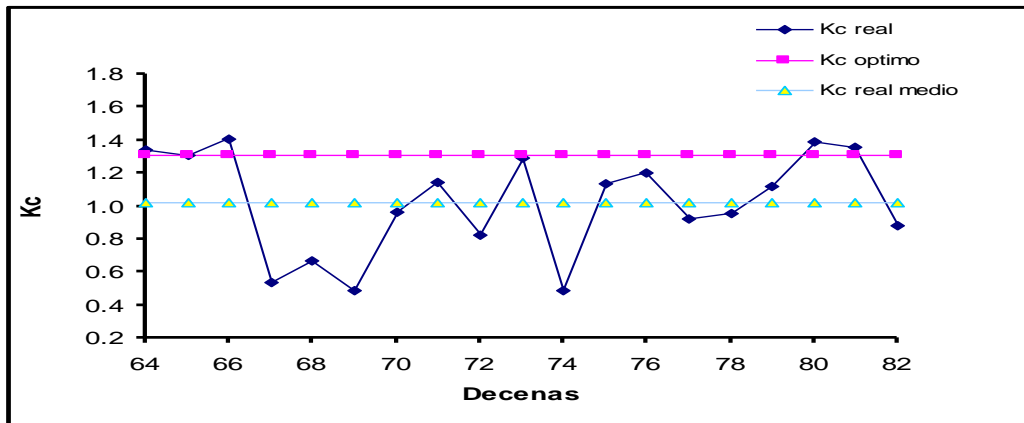


FIGURA 6. Valores de coeficiente de cultivo, Kc, obtenidos para cada decena en el período de estudio de la asociación aguacate-guayaba.

Rendimientos

En la Figura 7 se puede observar el efecto que tuvo el régimen de humedecimiento a que se sometió la guayaba sobre el número total de frutos y el rendimiento por plantas. El número de frutos por planta (Figura 7A) osciló entre 16 y 31 para el período estudiado (pico de cosecha) considerado de muy bajo para dicha variedad con riego por goteo, ya que en condiciones de agricultura urbana para esta variedad y con riego por goteo Hernández *et al.* (2007) obtuvieron valores entre 12 y 495 frutos-planta⁻¹ en el pico de cosecha. González y Sourd (1995) empleando riego por aspersión obtuvieron entre

50–675 frutos-planta⁻¹. Por otra parte sólo en las plantas (2, 3, 6, 9, 11, 15), se obtuvieron un número de frutos superior al promedio por planta (22 frutos-planta⁻¹), lo cual representa un 40%, para el resto de las plantas estudiadas los valores estuvieron iguales o inferiores. De igual forma dichos valores están muy por debajo de los obtenidos por los autores antes mencionados quienes obtuvieron como promedio 254 y 363 frutos por planta, respectivamente. Lo cual demuestra el efecto positivo del agua sobre la productividad de esta especie. Mata y Rodríguez (1990), acotan que en este cultivo el agua es indispensable en los períodos críticos de crecimiento y durante el

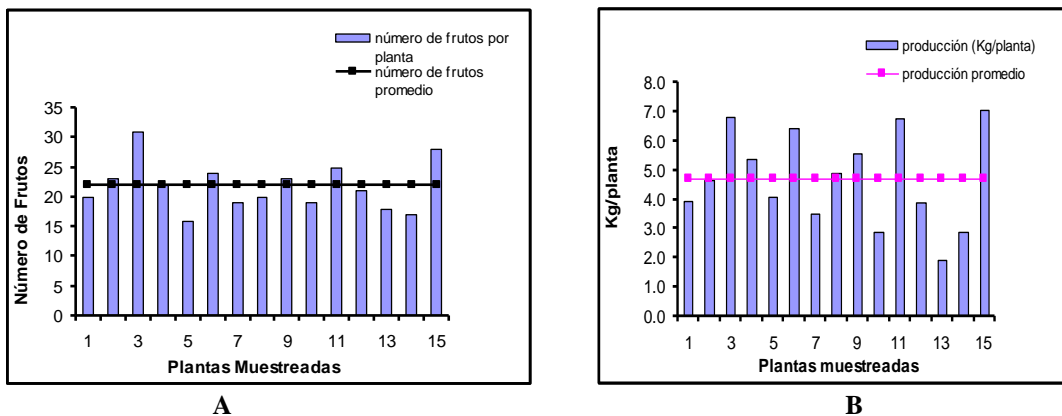


Figura 7. Comportamiento de la producción del cultivo (guayaba): A-número de frutos por planta, B-rendimiento por planta (kg-planta⁻¹).

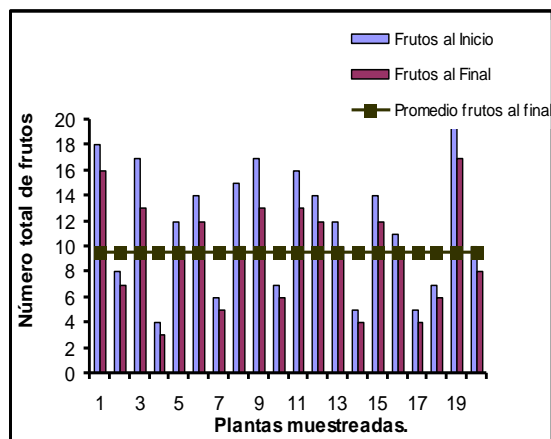
período de desarrollo del fruto ya que sin la cantidad de agua adecuada durante estos períodos, no sólo se retrasará la cosecha sino que los frutos serán escasos lo que reducirá drásticamente el rendimiento.

Al evaluar los rendimientos por planta (Figura 7B) estos estuvieron entre 1,93-7,04 kg·planta⁻¹, para un promedio de 4,72 kg·planta⁻¹, que equivaldría a un 9,44 t·ha⁻¹, valores muy por debajo de los obtenidos por González y Sourd (1995) que reportan 58,6 t·ha⁻¹ y por *Fincas Integrales de Frutales* (2009c), que reportan hasta 37,0 t·ha⁻¹. Por su parte Hernández *et al.* (2007) en condiciones de agricultura urbana obtuvieron hasta 41,6 t·ha⁻¹.

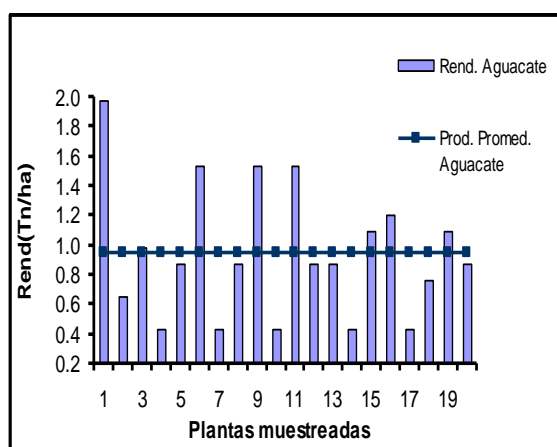
Los resultados obtenidos reflejan, que la ineficiencia en el manejo del riego repercuten en el rendimiento del guayabo, coincidiendo con lo expresado por González *et al.* (2002) que lo señala como un frutal que tolera la sequía, pero las diferencias de humedad en el ciclo productivo afectan su producción.

En la Figura 8 se aprecia el comportamiento productivo del aguacate. El número total de frutos en los dos conteos realizados, la pérdida de frutos estuvo alrededor del 10% que es lo esperado para el cultivo, el conteo final de frutos reportó entre 3 y 17 frutos·planta⁻¹, y el valor promedio de frutos por planta (Figura 8A) fue de 9,5 muy próximo a los reportados por Jardines (2010) quien reporta para esta variedad entre 10–15 frutos·planta⁻¹ como promedio, si se mantiene con condiciones agrotécnicas favorables.

En la (Figura 8B), se muestra el rendimiento por planta, los cuales oscilaron entre 1,84- 8,28 kg·planta⁻¹, lo que equivaldría a una producción entre 0,44 y 1,97 t·ha⁻¹, con una rendimiento promedio de 0,94 t·ha⁻¹ considerado como aceptable según Jiménez (2010), quien reporta para esta variedad y en condiciones similares rendimientos entre 0,9-1.2 t·ha⁻¹ para el segundo año de producción, lo que apunta a que dicho cultivo es más resistente al déficit hídrico. Para otros países reportan en plena producción y sin riego rendimientos de 6,4 t·ha⁻¹ en España, 4,9 t·ha⁻¹ en Israel, California 5,0 t·ha⁻¹ y en México solo en Michoacán hasta 6 t·ha⁻¹. Los mismos autores bajo riego en las condiciones de España y California encontraron entre 10 t·ha⁻¹ y en Michoacán, México entre 10–15 t·ha⁻¹.



A



B

FIGURA 8. Comportamiento de la producción del cultivo (aguacate): A-número de frutos por planta, B-rendimiento por planta (kg·planta⁻¹).

CONCLUSIONES

La explotación del sistema de riego de alta frecuencia (goteo) de la finca Sandoval 2 en las condiciones técnicas que presenta ($C_u=23,3\%$), es inaceptable ya que el mismo concibe un gasto mayor del recurso agua y energía.

La dinámica de humedad en el suelo, durante el período evaluado en la asociación de aguacate – guayaba, a partir de las lecturas tensométricas, se comportó con valores en el rango del agua fácilmente aprovechable por los cultivos en un 37% del período.

El balance hídrico simplificado nos indicó que durante el período evaluado se presentaron déficit de agua en el cultivo, y en otros momentos dentro del mismo,

pérdidas por drenaje interno del suelo ya que se regaba con humedad suficiente en el suelo aportada por una lluvia.

El rango de valores decenales y diarios de la evapotranspiración del cultivo estuvo entre 24 mm–69 mm y 3,3 mm–5,1 mm respectivamente, con un valor total de 846 mm, representando el 101% con respecto a la ETo.

Los rendimientos obtenidos en el cultivo de la guayaba se pueden catalogar de ineficientes, debido al manejo de riego efectuado en la asociación, que presentó déficit de agua disponible en el suelo, en un 47% del período evaluado, lo cual induce un atraso en la salida de la producción, como en la disminución del número de frutos y su tamaño, lo cual afecta los rendimientos, o sea la respuesta productiva del cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, G. R.; L. PEREIRA; D. RAES & M. SMITH: *Evapotranspiración del cultivo, Guías técnicas para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, 113pp., Pub. No 56, de la Serie de Riego y Drenaje, FAO, Roma, Italia, 2006.
2. *Fincas Integrales de Frutales*: Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT), Instructivo Técnico, La Habana, 2009a.
3. *Fincas Integrales de Frutales*: Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT), Boletín, La Habana, 2009b.
4. *Guías Técnicas de la Guayaba*: Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT), Boletín, 35pp., La Habana, 2009c.
5. *Guías Técnicas del Aguacate*: Ministerio de la Agricultura, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT), Boletín, 38pp., La Habana, 2009d.
6. GONZÁLEZ, E; J.S. PADILLA; L. REYES y M.A. PERDOS DE LA CRUZ: *Guayaba, su cultivo en México*, 182pp., Libro Tecn. Vol. INIFAP, Centro de Inv. Regional Norte Centro, Pabellón, Aguascalientes, México, 2002.
7. GONZÁLEZ, G. y D. SOURD: *Estudio de diferentes densidades de plantación en guayaba Enana Roja Cubana, resultados obtenidos en la Investigación (1992 -1994)*, pp. 33–37, Estación Nacional de Frutales del IIFT, Alquizar, La Habana, 1995.
8. HERNÁNDEZ, G.; R. MARTÍNEZ; O. PUIG y T. LÓPEZ: Manejo del riego para el cultivo del guayabo en condiciones de Agricultura Urbana, En: **Memorias del Congreso Internacional CUBARIEGO 2007**, La Habana, Cuba, 2007.
9. JARDINES, D.: *Sobre la guayaba y el aguacate*, Jefe de frutales en la Provincia La Habana, Empresa Cítrico Ceiba, La Habana, (Comunicación personal), 2010.
10. JIMÉNEZ, R.: Procedimientos para la realización de las evaluaciones de crecimiento de los frutales, IIFT (UCTB-Alquizar), La Habana, 2009
11. MATA, B.I. y M. RODRÍGUEZ: *Cultivo y producción del guayabo*, 157pp., Editorial Trillas, UAA Antonio Narro, México, 1990.