



TECNOLOGÍA DE RIEGO Y DRENAJE

ARTÍCULO ORIGINAL

Resultados de diferentes alternativas de manejo del riego superficial tecnificado en el cultivo de la papaya maradol roja plantada con marco extradenso

Results of different alternatives of handling of the surface irrigation technician in the maradol roja papaya crop with extra dense plantation mark

Dr.C. Ricardo Pérez Hernández, M.Sc. Esequiel Jiménez Espinosa, M.Sc. Lorenzo Montero San José,
Ing. Orlando Sarmiento García, Ing. Joaquín Guzmán Vizcaino
Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba.

RESUMEN. El objetivo de este trabajo consistió en la realización de un estudio de diferentes manejos del riego por gravedad tecnificado, mediante evaluaciones de campo en el cultivo de referencia. El caudal de mejor comportamiento para el riego con flujo continuo con la variante de surcos abiertos de 130 m de longitud fue el de 1,56 L/s, con eficiencia de aplicación 61,8%, eficiencia de almacenamiento 97% y distribución 82,6%. Las pérdidas por escurrimiento superficial y percolación profunda fueron del 25% y 13% del volumen de agua aplicada, respectivamente. Para la variante de riego por surcos cerrados con dicho caudal, se obtuvieron incrementos en las eficiencias de aplicación y uniformidad absoluta de la distribución, de 4,0 y 3,4% respectivamente, así como, un ahorro total por concepto de los recursos agua y combustible de 692.02 peso/año, superando al riego por surcos abiertos en 132.14 peso/año. La variante de riego intermitente o por pulsos con 4 ciclos de tiempos variables, permitió lograr una eficiencia de aplicación del 85%, con un ahorro total de agua y combustible de 911.78 peso/año, permitiendo una disminución del 24,37% del volumen total de agua suministrada por tonelada producida.

Palabras clave: evaluaciones, eficiencias, pulsos.

ABSTRACT. The objective of this work was the realization of a study for different water handlings in the surface irrigation technician, means of field test in the reference crop. The flow of better behaviour for the continuous flow watering with the open furrows variant of large 1,30 m, was 1,56 L/s, with application efficiency of 61,8%, storage efficiency of 97% and distribution 82,6%. The lost for superficial glide and deep percolations were of 25,2% and 13,0% of the applied water volume, respectively. For the irrigation variant for closed furrows with this flow, increments of the application and distribution efficiencies were obtained, of 3,2% and 11,4% respectively, as well as, a total saving of the water and fuel resources of 692,02 peso per year, overcoming to the watering by opened furrows in 132.14 peso per year. The intermittent irrigation variant or for pulses with 4 cycles of variable times, allowed to achieve an application efficiency of 85%, with a total saving of water and fuel of 911.78 peso per year, allowing a decrease of 24,37% of the total volume of given water per produced ton.

Keywords: tests, efficiencies, surges.

INTRODUCCIÓN

En Cuba el Riego Superficial ocupa el 71% del área total irrigada, Ministerio de la Agricultura (2006) y Figura 1. Estos sistemas de irrigación presentan un crítico estado tecnológico debido

a la falta de inversiones en mejoras. Las condiciones climáticas adversas en Cuba, debido a la sequía agrícola y desertificación, obligan a la implementación de la mecanización y automatización de este método de regadío a escala parcelaria, mediante formas de entrega de agua a surcos y bandas más eficientes.

Como parte del esfuerzo realizado en transferencia de tecnología, el Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje desarrolló entre finales de la década del 90 y principios del 2000, un prototipo de válvula cubana de aluminio, tipo T bidireccional y el programador o controlador para riego intermitente, Rodríguez *et al.* (2007). Como suplemento de los numerosos trabajos de investigaciones realizados en diferentes escenarios agrícolas, Dehoguez *et al.* (1991); Pérez (1992); Díaz (2000); Rodríguez *et al.* (1995 y 1999), Rodríguez (2000) y Díaz *et al.* (2001); entre otros, durante el período 2006 y el 2007 se realizó un estudio de evaluación integral de esta tecnología en el cultivo del plátano clon Musa AAB, mediante el sistema de plantación extradenso en nuestra Unidad de Desarrollo Científica (UDCT) de Alquizar, Provincia Habana, demostrándose la viabilidad técnico, económica y ambiental, del sistema de plantación y de la tecnología de riego en dicho cultivo, Pérez *et al.* (2008). En el presente trabajo se exponen los resultados de generalización alcanzados en la referida área, con la misma tecnología de regadío y sistema de plantación, en el cultivo de rotación Papaya Maradol Roja.

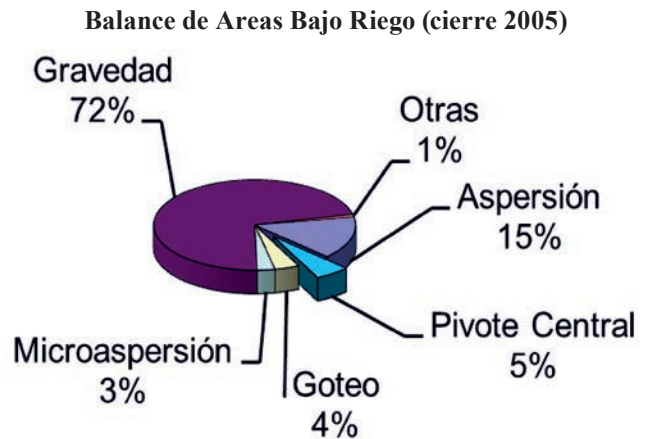


FIGURA 1. Distribución de las áreas bajo riego por técnicas de regadío.

OBJETIVO DEL TRABAJO

Estudiar diferentes alternativas de manejo del agua con el riego superficial tecnificado, mediante evaluaciones de campo en el cultivo de la papaya, variedad Maradol Roja con marco de plantación extradenso, que propendan a la sostenibilidad de los recursos agua y energía.

MÉTODOS

El área de estudio se ubica en el sur de la Provincia Habana, latitud: 22° 46 min N, longitud: 82° 37 min W y altitud: 6 m sobre el nivel del mar. El cultivo fue plantado a finales del mes de octubre del 2008 y se cosechó entre agosto y septiembre del 2009. El suelo con pendiente longitudinal de 0,24%, se clasificó como: Ferralítico Rojo Compactado (FRC), según cita Pérez *et al.* (2008) y Nitisol Rodico Eutrico Arcilloso según WRB (2006). En la Tabla 1 se muestran los resultados de los análisis de los elementos químicos del suelo, estos arrojaron un valor bajo de materia orgánica, siendo el nitrógeno el elemento esencial que limita el rendimiento del cultivo y en la Figura 2, las precipitaciones durante el período 2008–2009.

TABLA 1. Resultados de los elementos químicos del suelo

| PH | MO (%) | Nt (%) | P (ppm) | K (Cmol/kg) | Ca (Cmol/kg) | Mg (Cmol/kg) | Na (Cmol/kg) |
|-----|--------|--------|---------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 6,9 | 2,25 | 0,10 | 1205 | 0,80 | 26,2 | 5,22 | 0,17 |

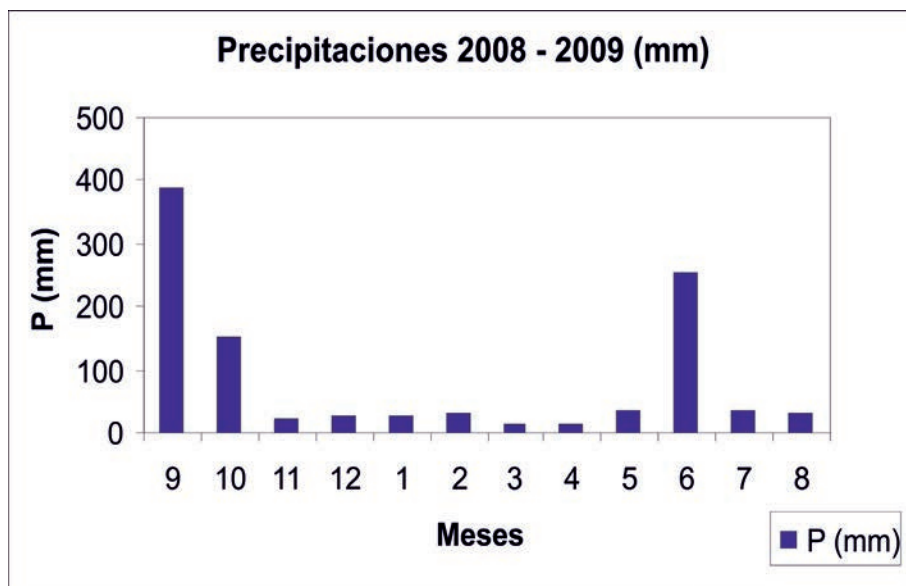


FIGURA 2. Precipitaciones en la UDCT periodo 2008–2009.

El sistema de campo básicamente constó de: un tanque para la disipación de la energía del agua procedente de un hidrante, una válvula T mariposa bidireccional de fabricación nacional (IIRD) que se acopla por el centro a la tubería de salida del tanque, y por ambos extremos, a las tuberías flexibles (mangas) con las válvulas regulables de entrega de agua a los surcos insertadas a las mismas, Pérez *et al.* (2008 y 2009), Figuras 3, 4, 5 y 6.



FIGURA 3. Tanque disipador de energía.



FIGURA 4. Válvula T mariposa.

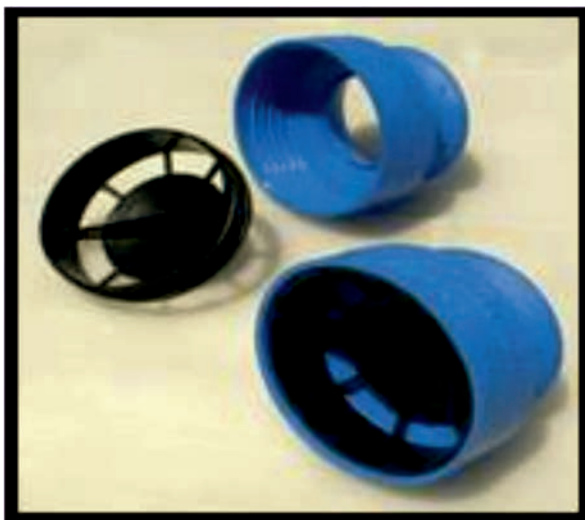


FIGURA 5. Válvulas regulables.



FIGURA 6. Tuberías flexibles (mangas).

Según el Instructivo técnico del cultivo de la fruta bomba (2008), La Maradol Roja (2008) y Rodríguez *et al.* (2009), la Maradol Roja es una variedad de origen cubano, y hoy día, es la principal variedad comercial en el país. Hernández *et al.* (2003), en 7 tratamientos con riego localizado en la UDCT citada, reportaron entre 12 y 27,93 kg/planta, con rendimientos entre 22 y 51,69 t/ha, mientras que Rodríguez *et al.* (2007), en el mismo lugar y empleando el método de riego anterior, pero con marcos extradensos, obtuvieron un rendimiento medio de 57,38 t/ha y un peso promedio por planta de 17,21 kg, así como 10,75 frutos promedios/planta, en un marco de plantación de 2x1x4 m durante 2001- 2002. Estos autores reportaron para el período 2002 – 2003, rendimientos medios de 96.87 t/ha para dicho marco de plantación.

Para la determinación del caudal de diseño para surcos abiertos y para los procedimientos de evaluación para surcos cerrados, de tuvieron en cuenta las formulaciones y los aspectos metodológicos descritos por Walker (1989), mientras que los trabajos de campo se correspondieron con lo expuesto por Pérez *et al.* (2008). Los surcos se construyeron, uno por el centro de la entre líneas de las plantas, y otro, por ambos bordes de la calle ancha (3 surcos), con la finalidad de garantizar un buen solape de los conos de humedecimiento en la zona de las raíces.

Para la determinación de los parámetros de avance e infiltración del flujo de agua, se aplicó el método de balance de volumen con dos puntos de aproximación, Elliott y Walker (1980) y Walter (1989), mientras que los indicadores de eficiencia del riego se determinaron sobre la base de las metodologías y procedimientos recomendados por Walker (1989), Pérez (1992, 1995 y 2008) y Díaz *et al.* (2001). Se emplearon los softwares: Evaluación del Riego Superficial (ERIS) del autor principal y SIRMUD (Universidad de UTAH, USU 1993). En el modelo de simulación SURMUD, se utilizaron los métodos Hidrodinámico y el de Ondas cinemáticas. También se aplicaron importantes criterios reportados por Díaz (2000) y Díaz *et al.* (2001), sobre el tema de evaluaciones del riego por pulsos. Las alternativas de manejo del riego fueron: riego con flujo de agua continuo (RC), en surcos abiertos y en surcos cerrados, así como, el riego con flujo de agua discontinuo o por pulsos (RI), por medio de estrategias de manejo con ciclos variables (3 y 4 ciclos). Mediante el accionamiento manual de la válvula se realizaron los cambios de tiempos en ON (tiempo de riego

de un set) y OFF (tiempo en que la válvula bidireccional riega el otro set). Para ambos casos (RC y RI), se determinó la eficiencia de campo (E_c) como el producto de las eficiencias de aplicación (E_{ap}), distribución (E_d) y almacenamiento (E_{alm}), la cual, según Pérez (1992), permite la caracterización general del evento de riego en la parcela o predio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A pesar de las fumigaciones realizadas, de un total de 2 640 plantas sembradas, se afectaron 550 las cuales fueron cortadas, sacadas y quemadas fuera del área de la plantación, quedando 2090 plantas en buen estado. A partir de las mediciones y pesajes en 20 plantas, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 2. Las mediciones de alturas de las plantas tomadas en las fechas, 30/01/09, 24/04/09, 10/07/09 y 31/07/09, arrojaron valores medios de: 0,60, 1,51, 1,57 y 1,58 m, respectivamente. Los resultados obtenidos en relación al peso medio por planta fueron muy similares al valor superior

reportado por Hernández, *et al* (2003), mientras que los frutos por planta reportados por Rodríguez, M. *et al.* (2007) resultaron inferiores, no obstante, los niveles medios de producción obtenidos coinciden con nuestros resultados. En la Tabla 3 se muestran los parámetros geométricos medios de las secciones transversales de los surcos p1 y p2, a partir de las mediciones de campo realizadas, calculándose el área de la sección húmeda mediante la ecuación de Manning, Waker (1989). En la Tabla 4 se presentan los coeficientes de infiltración y avance del agua en el suelo para condiciones de riego con flujo continuo, demostrando los altos valores del coeficiente de determinación R^2 el buen ajuste de los datos de campo. En la Tabla 5 se destacan las ecuaciones de infiltración del agua en el suelo y las de avance del agua para los caudales evaluados. En la Figura 10 se presenta el diagrama de velocidad del agua en los surcos para los caudales evaluados; mediante dicho diagrama, se determinaron las velocidades de infiltración básica (f_0), según el procedimiento gráfico de Renault y Wallender (1992), citado y aplicado por Rodríguez (2000).

TABLA 2. Resultados de las mediciones

| Fecha | Diámetro fruto (m) | Largo (m) | Prom. Frutos/planta | Rend. medio (t/ha) |
|-----------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------|
| 15/07/09 | Media 3 muestras 0,16 | Media 3 muestras: 0,326 | 18 | |
| 31/07/09 | Media 3 muestras 0,17 | Media 3 muestras: 0,33 | Peso medio/fruto (kg) | 56,67 |
| 24/08/09 -05/09/09 | Media 6 muestras 0,156 | Media 6 muestras: 0,315 | 1,506 | |

En las Figuras 7, 8 y 9, se muestran los frutos de una planta, 3 frutos de muestras y la realización de las mediciones de alturas de las plantas, respectivamente. En la Figura 10 se representa el comportamiento de la fase de avance para los caudales de 1,56 y 2,0 L/s, respectivamente, con los datos de campo y simulados. Se encontró un buen solape entre ambos pares de curvas (R^2), lo que corrobora la efectividad del software citado, no obstante existir deficiencias constructivas en la segunda mitad de los surcos.



FIGURA 7. Frutos/planta.



FIGURA 8. Tamaño de los frutos.



FIGURA 9. Medición altura de plantas.

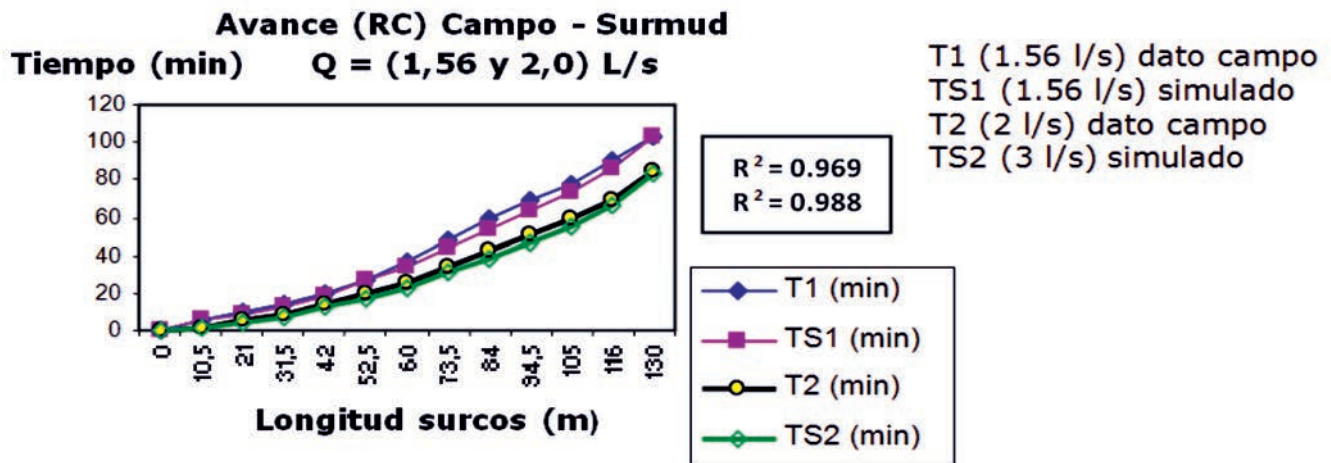


FIGURA 10. Avance: datos de campo y simulados.

TABLA 3. Parámetros de infiltración y de avance del agua con riego con flujo continuo (surcos abiertos)

| Riego con flujo de agua continuo | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------|-------|----------------|-------------------------------|-------|------|-------|--------|--|
| Infiltración. Kostiakov modificado | | | | Parámetros de avance del agua | | | | | |
| Q (L/s) | K (m³/m/min) | n | f o (m³/m/min) | a | b | p | r | R2 | |
| 2,4 | 0,0115 | 0,404 | 0,000991 | 0,0235 | 1,57 | 10,9 | 0,637 | 0,9987 | |
| 2,0 | 0,0130 | 0,422 | 0,00018 | 0,0476 | 1,538 | 7,24 | 0,650 | 0,9992 | |
| 1,56 | 0,0170 | 0,34 | 0,00013 | 0,0750 | 1,486 | 5,74 | 0,673 | 0,9978 | |

En la Tabla 4, se resumen los resultados de las eficiencias de: aplicación, almacenamiento del agua en el suelo, la uniformidad de distribución en el sentido de los surcos, la uniformidad absoluta de la distribución del agua en el suelo, las pérdidas totales, las debidas al escurrimiento superficial en la cola de los surcos, así como, las dosis netas de riego, las láminas de agua requeridas, infiltradas medias y las infiltradas al final de los surcos, para los caudales evaluados, Figuras 11 y 12. **TABLA 4. Resultados de las eficiencias del riego con flujo continuo (RC)**

| Q (L/s) | D _{np} (m) | Z _{req} (m³/m/min) | Z _{inf. media} (m³/m/min) | Z _{inf. cola} (m³/m/min) | T aplic. (min) | Eap (%) | Ealm (%) | Ed (%) | UAD (%) | Perd. Tot. (%) | Perd. Esc. (%) |
|---------|---------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|---------|----------|--------|---------|----------------|----------------|
| 2,4 | 37,45 | 0,056 | 0,064 | 0,054 | 97 | 53,0 | 98,0 | 88,0 | 84,0 | 46,2 | 38,3 |
| 2,0 | 28,64 | 0,043 | 0,072 | 0,041 | 97 | 48,0 | 98,5 | 70,6 | 56,5 | 52,0 | 19,7 |
| 1,56 | 43,00 | 0,065 | 0,078 | 0,058 | 140 | 61,8 | 97,0 | 82,6 | 74,7 | 38,2 | 25,2 |

Los resultados demostraron que el caudal de mejor comportamiento respecto a la eficiencia de aplicación con RC fue 1,56 L/s, con menores pérdidas de agua totales. Para este caudal mediante el riego con surcos cerrados, se obtuvo un incremento de las eficiencias de aplicación y uniformidad absoluta de distribución de 4,0 y 3,4%, respectivamente; lográndose una la eficiencia de aplicación del 65% y una eficiencia de campo con el sistema de riego tecnificado de 61,1%. Para el caudal de 2 L/s, el manejo del riego referido propició incrementos de las eficiencias de aplicación y distribución de 2,0 y 3,0%, respectivamente, lográndose en ambos casos, la infiltración de la lámina de agua requerida en toda la longitud de los surcos, sin pérdidas por escurrimiento superficial. El caudal evaluado de 2,4 L/s, aunque con satisfactorios resultados, se descartó por causar ligera erosión en puntos cercanos a la cabecera de los surcos. Para la variante de riego con flujo continuo (RC) por surcos cerrados (diqueando el extremo de los surcos), se obtuvo con el gasto de 1,5 L/s respecto al caudal de 2.0 L/s, un ahorro

total de los recursos agua y energía de 692,02 peso/año, lo que demuestra la efectividad técnico – económica de esta alternativa de riego.



FIGURA 11. Riego superficial tecnificado IIRD.



FIGURA 12. Evaluaciones del riego con flujo continuo.

En las Figuras 13 y 14 se muestra el comportamiento del manejo del agua mediante el riego con flujo discontinuo, riego por pulsos o intermitente (RI), con 4 ciclos de tiempos variables, el cual resultó más favorable que el de 3 ciclos. Este manejo permitió lograr una distribución más equitativa del agua en el sentido de los surcos, lográndose así, un humedecimiento mas uniforme. Hart *et al* (1980), a partir de numerosas investigaciones previas, consideraron que ciclos cortos de tiempo, sobre todo en el primer ciclo, hacen que se reduzca el perímetro mojado, y por tanto, disminuya también, la infiltración del agua en el suelo.

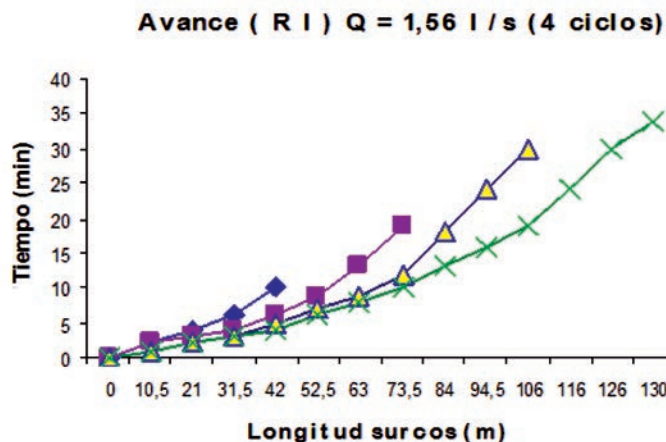


FIGURA 13. Ciclos de avance Q = 1.56 L/s.

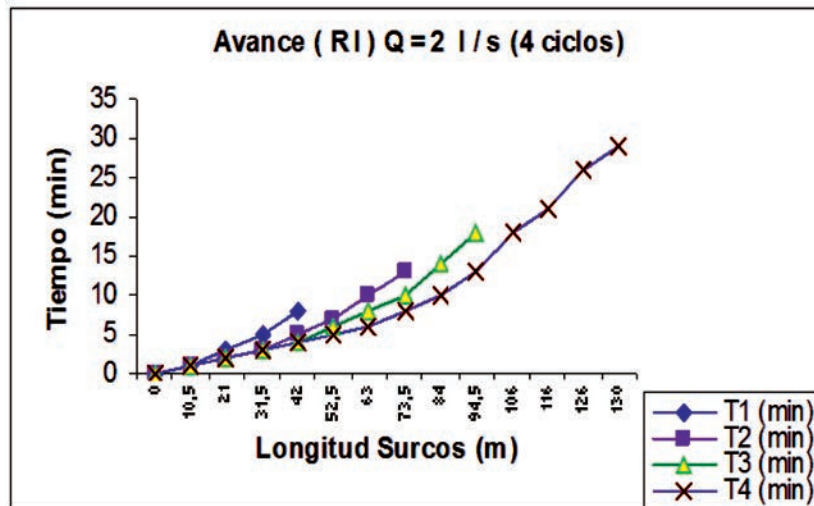


FIGURA 14. Ciclos de avance Q = 2 L/s.

En la Tabla 5 se presentan los coeficientes de infiltración del agua en el suelo obtenidos, así como, los de avance del agua a través de los surcos de riego. Se omitió la información del segundo ciclo siguiendo los criterios demostrados por Walker y Skogerboe (1987).

TABLA 5. Parámetros de infiltración y avance del agua en el riego con flujo intermitente

| Riego con flujo de agua discontinuo (RI) | | | | | Parámetros de avance del agua | | | |
|--|--------|------------------------------------|-------|-----------------------------|-------------------------------|--------|-------|-------|
| Q (L/s) | Ciclos | Infiltración. Kostiakov modificado | | | a | b | p | r |
| | | K (m ³ /m/min) | n | f o (m ³ /m/min) | | | | |
| 2,0 | 1 | 0,0144 | 0,293 | 0,000990 | 0,0014 | 2,323 | 17,16 | 0,43 |
| | 3 | 0,0087 | 0,369 | 0,000357 | 0,0027 | 1,895 | 22,85 | 0,528 |
| | 4 | 0,0061 | 0,512 | 0,000126 | 0,0016 | 2,0178 | 24,5 | 0,496 |
| 1,56 | 1 | 0,0056 | 0,460 | 0,000710 | 0,005 | 2,04 | 13,58 | 0,49 |
| | 3 | 0,0005 | 0,989 | 0,000212 | 0,0021 | 2,053 | 20,04 | 0,487 |
| | 4 | 0,0006 | 0,990 | 0,000183 | 0,0036 | 1,887 | 19,75 | 0,53 |

En las Figura 15 se muestra el diagrama de velocidad (ciclos 1 y 3) para el caudal de 1,56 L/s. Los valores obtenidos para la infiltración básica en los ciclos 3 y 4 resultaron menores que los del primer ciclo, esto corrobora el planteamiento de Díaz (2000), en relación a que se evidencia la reducción de la tasa de infiltración del agua en el suelo motivada por la consolidación, encroscamiento superficial y atrape del aire bajo el régimen de flujo discontinuo, avalado también por la literatura especializada.

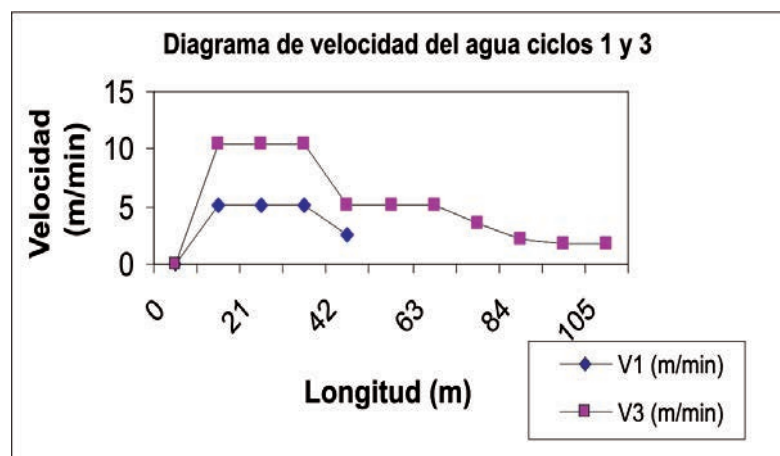
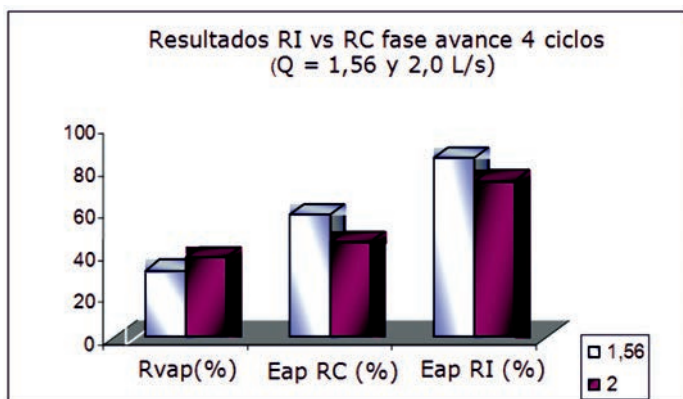


FIGURA 15. Diagrama de velocidad, ciclos 1 y 3.

La variante de riego intermitente (RI), originó valores superiores de reducción del volumen de agua aplicada durante la fase de avance respecto al flujo continuo (RC) con ambos caudales (1,56 y 2,0 L/s), así como, incrementos notables para la eficiencia

de aplicación de 85 y 74%, respectivamente, con excelente uniformidad de la distribución de la humedad en el suelo en toda la longitud de los surcos, Figura 16. La eficiencia general o de campo (Ec) para el caudal de 1,56 L/s aumentó a 77,4%, resultados muy superiores a los que permiten los sistemas de

riego superficial convencionales actuales. El análisis de los ahorros por concepto de agua y combustible para el caudal de 1,56 L/s mediante riego con flujo intermitente (RI) con 4 ciclos, respecto al RC, propició ahorros totales equivalentes a 911.78 peso/año.



Rvap = Reducción del volumen de agua aplicado (%).
 Eap RC = Eficiencia de aplicación con riego continuo (%).
 Eap RI = Eficiencia de aplicación con riego intermitente (%).

FIGURA 16. Resultados del riego intermitente.

En la Tabla 6. Se muestran los resultados de las simulaciones del RC y RI, para los caudales referidos, asumiendo longitudes de surcos superiores a la evaluada. Para ambos caudales la eficiencia de aplicación (RC) disminuye con el aumento de la longitud de los surcos, hecho esperado para estos tipos de suelos. Para el RI, no ocurre lo anterior, es decir que, la Eap mantiene resultados muy satisfactorios aún para longitudes de surcos de 300 m. Por otra parte, en la Tabla 7, se muestran las determinaciones del agua virtual (Riego y Precipitaciones) Para RC y RI expresadas en m³/t producida. El RI contribuye a un mayor ahorro de agua respecto al RC, por tonelada de papaya producida.

TABLA 6. Simulaciones del RC y RI para longitudes mayores de 130 m

| Dnp, mm | Q, L/s | Long. Surcos, m 200 | | Long. Surcos, m 250 | | Long. Surcos, m 300 | |
|---------|--------|------------------------|----------|------------------------|----------|------------------------|----------|
| | | RC | RI (5 C) | RC | RI (6 C) | RC | RI (6 C) |
| 43,00 | 1,56 | 80 | 85 | 50 | 86 | 45 | 83 |
| 28,64 | 2,00 | 42 | 75 | 38 | 80 | 32 | 78 |

TABLA 7. Comparación del Agua Virtual (RC y RI)

| INDICADORES | RC | RI |
|---|----------|----------|
| Número de riegos | 36 | 36 |
| Rendimiento medio (t/ha) | 56,67 | 56,67 |
| Caudal (L/s/) | 1,56 | 1,56 |
| Vap (m ³ /ha/añual) | 21 180,6 | 15 399,5 |
| Aporte Precipitaciones (m ³ /ha/añual) | 2540 | 2540 |
| V. Total Riego y Precip. (m ³ /ha/añual) | 23 720,6 | 17 939,5 |
| Agua Virtual (m ³ /t) | 418,57 | 316,56 |
| Ahorro agua/t producida | | 102 |

CONCLUSIONES

- Con el caudal de 1,56 L/s se destacó la ventaja del riego por surcos cerrados, respecto a los surcos abiertos, tanto en incrementos de las eficiencias del riego, como en ahorros superiores de agua, combustible, grasa y aceite. Para esta alternativa de riego, el ahorro de agua alcanzó 7 132,3 m³ para el total de riegos, asociado a un ahorro total agua

y energía de 692,02 pesos/año, lo que evidencia el buen manejo sostenible de dichos recursos. Resultó relevante, el alto valor obtenido para las eficiencias de aplicación 65% y eficiencia de campo o general del riego con la tecnología de referencia 61,1%.

- El riego intermitente o por pulsos permitió incrementar la eficiencia de aplicación en un 27 y 26%, para los caudales de 1,56 y 2 L/s. respectivamente, en relación al riego con flujo continuo. Por consiguiente, se logró una disminución significativa de los volúmenes de agua y combustible, con una favorable reducción de sus respectivos costos anuales. Resultaron destacados los valores obtenidos para las eficiencias de aplicación 85% y la de campo 77,4% con el caudal de 1,56 L/s, respecto a los sistemas de riego superficial convencionales actuales, así como los resultados del agua virtual, que revelaron un ahorro de 102 m³ de agua/t de papaya producida, lo que equivale a una disminución del 24,37% del volumen total de agua suministrada por tonelada producida, respecto al riego continuo. Todo lo anterior demuestra las ventajas técnico, económicas y ambiental, del riego por pulsos respecto al riego con flujo de agua continuo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, L. *Fundamentos teóricos y prácticos sobre el cultivo y cosecha de la papaya Carica [en línea] Disponible en: Bibliociencias.cu/gsd/collect/libros/index/assoc/HASH012f/doc.pdf. 2000 [Consulta: 20 de agosto 2010].*
- CUENCA, R. H.: *Irrigation System Desing*, Ed. Prentice Hall, New Jersey, USA, 1989.
- DEHOGUEZ, E.; O. R. GARCÍA y R. PÉREZ: Determinación de los principales parámetros del Riego por surcos en vrtisuelos. Memorias de la Primera Jornada Nacional de Riego y Drenaje, 1991, Unión de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba, 1991.
- DÍAZ, A.: *Evaluación, Manejo, y Diseño del Riego por Pulsos para el cultivo del Tabaco en un Ferrosol, Tesis (en opción al título de Master en Riego y Drenaje)*, Universidad Agraria de la Habana, 2000.
- DÍAZ, A.; J. A. RODRÍGUEZ y J. REYES: *Determinación de las Estrategias Optimas de Manejo del Riego por Pulsos para un suelo Ferralítico Rojo*, 12pp., C. Habana, Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje del Ministerio de la Agricultura, 2001.
- ELLIOTT, R. L. y W. R. WALKER: Furrow irrigation infiltration and advance functions. ASAE Paper No. 80-2075, 1980.
- FAO. *Modernización del Manejo del Agua de Riego [en línea] febrero 2008. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/>[Consulta: diciembre 2008].*
- HART, W. E.; H. G. COLLINS; G. WOOARD y A. J. UMPHERYS: *Desing and Operation of Gravity on Surface Systems*, Michigan., (ASAE Monograph), 1980.
- HERNÁNDEZ, G.; R. MARTINEZ y R. REY: “Elementos Agronómicos para el riego localizado en el cultivo del papayo”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 12 (2): 55-60, 2003.
- Huella Hídrica de las Naciones [en. línea] Disponible en: www.hispagua.cedex.es/documentación/especiales/especial-huella-hidrica/necesidades.htm [Consulta:20 de agosto 1999].*
- INIVIT-ACTAF. *Instructivo técnico del cultivo de la fruta bomba [en línea] febrero 2008. Disponible en: <http://www.Scribd.com/doc/2952453/PAPAYA-MARADOL> [Consulta: diciembre 2008].*
- La Maradol Roja [en. línea] febrero 2008. Disponible en: <http://www.Infoagro.com> [Consulta: diciembre 2008].*
- MINAG: *Balance Nacional de Áreas bajo riego (cierre 2005)*, 203pp., La Habana, Viceministerio de Mecanización e Instituto de Riego y Drenaje, (Informe), 2006.
- PÉREZ, R.: *Determinación de la efectividad del riego por surcos y de la hidrometría de explotación para la caña de azúcar, Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas)*, ISCAH, Facultad de Agronomía. Dpto. Riego y Drenaje, La Habana, 1992.
- PÉREZ, R.: *Metodología para la evaluación del riego por surcos*, 25pp., La Habana, CNCA-MINAZ, 1995.
- PÉREZ, R. y M. ÁLVAREZ: Necesidades de Riego de la Caña de Azúcar en Cuba. Capítulo 7 Costos y Rentabilidad. Multimedia (CD). La Habana: Editorial Academia-IIRD, pp. 2005.
- PÉREZ, R.; E. JIMENEZ; L. MONTERO; R. CUN y O. SARMIENTO: Resultados de la Modernización del Riego superficial en el cultivo de Plátano extra denso. Memorias de Taller Internacional Red Riegos CYTED, 2008, Florianópolis, Brasil. 2008.
- PÉREZ, R.; E. JIMENEZ; L. MONTERO; R. CUN y O. SARMIENTO: Resultados de la Modernización del Riego Superficial en el Cultivo de Plátano Extra Denso. Memorias de la Primera Convención Internacional de Ingeniería Agrícola, 2009, UNAH. 2009.
- RODRÍGUEZ, A. y COLECTIVO AUTORES: *Guía para el Manejo Agroecológico de Papaya Maradol Roja*, 34pp., La Habana, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. “Alejandro Humboldt”. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, (Agricultura Suburbana), 2009.
- RODRÍGUEZ, J. A.: *Caracterización del Proceso de Infiltración en el Riego por Surcos con Flujo Continuo. Desarrollo Teórico, Tesis (en opción al título de Maestro en Ciencias en Riego y Drenaje)*, UNAH, Habana, 2000.
- RODRÍGUEZ, J. A.; M. FELIPE y J. REYES: Comparación entre el riego por surcos continuo e intermitente en un suelo Ferralítico Rojo Hidratado del Sur de la Habana. Memorias del Primer Evento Científico Internacional TERYDAC 95, 1995, Ciego de Ávila, Cuba. 1995.
- RODRÍGUEZ, J. A.; J. REYES y M. FELIPPE: *Tecnología Integral de Riego Superficial Convencional en Cultivos Varios*, La Habana, IIRD, (Informe de investigación), 1999.
- RODRÍGUEZ, L.; J. VILLANUEVA; L. CHONG; J. REYES; R. PÉREZ y R. PUJOL: Desarrollo de la tecnología de riego por gravedad con flujo intermitente. Memorias del Congreso Internacional de Riego y Drenaje, 2007, La Habana, Cuba. 2007a.
- RODRÍGUEZ, M. R.; R. REY; J. STINCER; F. GONZÁLEZ y O. SARMIENTO: “Resultados de la aplicación del riego por goteo en la rotación de plátano Censa ¾ con papaya Maradol Roja, plantados con marcos extradensos”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16 (3): 9- 14, 2007b.
- RODRÍGUEZ NODALS, A. y A. RODRÍGUEZ MANZANO: “El papayo Maradol: Un aporte a la fruticultura Tropical”, *Revista Cubana de Agricultura*, 1 (1): 73-78, 2000.
- SIRMOD, U.: *The surface irrigation model. User’s guide*. Logan, Utah.: Irrigation Software Engineering Division, Dept. of Biological and Irrigation Engineering, USA, 1993.
- Tecnología de cultivo de la papaya [en. línea] febrero 2009. Disponible en: <http://www.Articulos.infojardin.com/papayas-cultivopapaya.htm> [Consulta: diciembre 2009].*
- WALKER, W. R.: *Guidelines for designing and evaluating surface irrigation system*, 137pp., Rome, (FAO Irrigation and Drainage), Paper No. 45, 1989.
- WALKER, W. R. y G. V. SKOGERBOE: *Surface Irrigation. Theory and Practice* Ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1987.
- WRB. IUSS WORKING GROUP: *World referente base for soil resources*, 128pp., FAO, Rome, (World Soil Resources), Reports No. 103, 2006.

Recibido: 14 de octubre de 2011.

Aprobado: 22 de diciembre de 2012

Ricardo Pérez Hernández, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km. 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba, Teléf.:(53)(7) 645-1731 y 645-1353, Correo electrónico: ricardo@iagric.cu