

MODERNIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE RIEGO SUPERFICIAL EN EL CULTIVO DE PLÁTANO VIANDA EXTRADENSO

Ricardo Pérez Hernández¹, Esequiel Jiménez¹, Reinaldo Cun¹, Lorenzo Montero¹, Orlando Sarmiento¹

Resumen

La modernización del manejo del agua en el riego superficial, tiene como objetivo mejorar la efectividad del regadío e incrementar su productividad agrícola, siendo el resultado de inversiones en investigación - desarrollo - extensión agraria. No obstante en Cuba, este método de riego continúa siendo el de mayor atraso tecnológico, a pesar de ocupar aproximadamente, el 70 % del área total bajo riego.

Se presentan resultados de un estudio evaluativo integral de la tecnología de referencia en el cultivo del plátano, clon macho 3/4, mediante el sistema extradenso. Se realizaron 4 evaluaciones de campo, con flujo continuo (RC) e intermitente (RI). El caudal unitario de mejor comportamiento para el RC fue 4.6 l/s/m, con eficiencia de aplicación 40.4 %, eficiencia de almacenamiento 100 % y distribución 83 %. Los ahorros del costo de agua alcanzaron hasta 137.64 \$/anuales. Para el RI con 3 ciclos, se obtuvo un incremento de la eficiencia de aplicación de 19.4 %.

El rendimiento medio de la plantación fue de 25.3 T/ha. El costo unitario ascendió a 1244.75 \$/T, y el beneficio económico alcanzó \$16.91 por cada \$ invertido en el riego. Se comprobó respecto al agua virtual, que el RI permite disminuir el 32.67 % del volumen total de agua aplicada / T de plátano producida, en relación al RC. Se demuestra la viabilidad técnico - económica de la tecnología estudiada y del sistema de plátano extradenso, hecho relevante en la actual crisis mundial de alimentos y en la voluntad del país por alcanzar la autosuficiencia alimentaria.

Palabras claves: riego con flujo continuo, riego con flujo intermitente, evaluaciones de campo, agua virtual.

Modernization of the technology of surface irrigation in the banana extradense crop

Abstract

The modernization of the water management in the surface irrigation has as objective to improve the watering effectiveness and to increase its agricultural productivity, being the result of investments in research, develop and agricultural extension. Nevertheless in Cuba, this irrigation method continues being of more technological backwardness, in spite of occupy approximately, the 70% of the total area irrigated. Results of an integral study of the reference technology in the banana crop, male clone ¾, by means of the extra-dense system, are presented. They were carried out 4 field evaluations with continuous flow (CF) and surge flow (SF). The flow of the better behaviour for the CF was 4,6 l/s/m, with application efficiency of 40,4 %, storage efficiency of 100 % and distribution 83 %.

The savings of the water cost reached up to \$137, 64 yearly. For the SF with 3 cycles, an increase of the application efficiency of 19, 4 % was obtained. The half yield of the plantation was 25, 3 T/ha. The unitary cost ascended at 1244,75 \$/T, and the economic benefit reached \$16,91 for each \$ invested in the irrigation. Regarding the virtual water, the SF allows to diminish the 32, 67 % of the total volume of applied water / T of produced banana, in relation to the CF. The viability economic - technician of the studied technology and of the banana extra-dense system is demonstrated, that which is important in the current world crisis of foods and the will of the country to reach the alimentary self-sufficiency.

Keywords: irrigation with continuous flow, irrigation with surge flow, field evaluations, virtual water.

¹ Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD) del Ministerio de la Agricultura (MINAG), Municipio Arrollo Naranjo. Ciudad de la Habana. Cuba. E – Mail: ricardo@iird.cu

Introducción

En Cuba el Riego Superficial ocupa casi un 70 % del área total irrigada, MINAG (2005). Estos sistemas de irrigación presentan en sentido general, un reconocido atraso tecnológico, sobre todo en cuanto a: formas de entrega de agua a las parcelas, nivelación de las áreas, mantenimientos, y obras hidrotécnicas. Martín, O. et al (1987), Pérez, R. (1992) y Rodríguez JA, et al (1999), entre otros. Por su parte fao.org. (2008), señaló que la modernización del manejo del agua en los sistemas de riego superficial, tiene como objetivo mejorar la efectividad del evento de regadío e incrementar su productividad agrícola, siendo el resultado de inversiones en investigación - desarrollo - extensión agraria.

En nuestro país se han desarrollado tesis de Doctorado y de Maestría, y se han publicado múltiples trabajos de investigaciones en este campo, tanto en el Ministerio de la Agricultura como en el Ministerio del Azúcar. En este sentido, se destacan los siguientes autores: Pérez, R. (1992) y (1995), Pérez, R. y J. L. Silveira (1989), Pérez R. y J. P. Meneses (2004). Meneses, J. (1989) y (2000), Díaz, A (2000), Dehoguez, E. y O.R. García (1989), Dehoguez, E., O. R. García y R. Pérez (1991), Dehoguez, E. (1993), Rodríguez, J. A. (1995), Rodríguez, J. A, Díaz A, Reyes J, y Roman P. (2000), y Díaz, A, J. A. Rodríguez, y J. Reyes (2001), entre otros.

Como parte del esfuerzo realizado en transferencia de tecnología, nuestro instituto desarrolló entre finales de la década del 90 y principios del 2000, un prototipo de válvula cubana de aluminio, tipo bidireccional y el programador o controlador para riego intermitente. No obstante, aún la modernización del riego superficial a escala de producción, continúa en espera.

Objetivos del trabajo:

- Estudiar el comportamiento del riego con flujo continuo (RC), mediante evaluaciones de campo para diferentes caudales de entrega de agua y selección del caudal más efectivo en la plantación de referencia.
- Determinar la efectividad del riego con flujo intermitente (RI), mediante accionamiento manual de la válvula, respecto al riego con flujo continuo (RC) para el cultivo y condiciones de estudio.
- Determinar el impacto técnico - económico de las tecnologías de riego y plátano extradensado en el área de estudio.

Materiales y métodos

Localización de la Unidad Docente Científico Técnica (UDCT) del IIRD situada en Alquizar, Provincia Habana. Latitud: 22^o 46 min N Longitud: 82^o 37 min W Altitud: 6 m sobre el nivel del mar. Fue seleccionada un área de 1 ha para siembra mediante la tecnología de plátano extradensado, clon macho 3/4 (mayo - junio) /06 y cosecha (mayo – junio) /07, con rotación posterior con papaya (fruta bomba) en el 2008.

Suelo: Ferralítico Rojo Compactado (Orthic Ferrasols – FAO / UNESCO). En la tabla 1 se muestran las propiedades hidrofísicas del suelo de referencia.

Tabla 1. Propiedades hidrofísicas de los suelos FRC

Profundidad (cm)	C campo (%)	Da (g/cm ³)	PM. (%)	Porosidad (%)
0-10	33.9	1.17	22	43
11-20	34.1	1.22	22.8	45
21-30	34.1	1.22	22.9	46
31-40	34.3	1.20	23.1	49
41-50	34.3	1.20	23.1	53
51-60	34.3	1.20	23	53

Según Doorembos, J, A. H. Kassam, C.L.M. Bentvelsen y V. Branscheid (1979), el cultivo de referencia requiere de un suministro de agua abundante y frecuente. El déficit hídrico provoca afectaciones en el crecimiento y en los rendimientos. En el período vegetativo provoca afectaciones en el crecimiento de las hojas, lo que afecta el número de flores y por tanto, el número de manos y racimos. En el período de formación de la cosecha afecta el tamaño de los frutos y la calidad de estos (dedos desarrollados deficientemente). En el catálogo de régimen de riego de los cultivos agrícolas IIRD – MINAGRI (1998), se ofrece la siguiente estrategia de riego, válida para el área de estudio, tabla 2.

Tabla 2. Programación de los riegos – plátano vianda

Ciclo de vida	No de Riegos	Dosis np (mm)	Ir (días)
0 – 100	9	20	7 - 13
101 – 220	16	20	5 - 8
220 – 330	16	20	4 - 6
Total	41	820	

Martínez, V. R. 1984, comprobó que el porcentaje de raíces comprendido entre (0.3 – 0.4) m estaba entre 80 y 96 %, coincidiendo con Marinato (1980) y Citrus and Subtropical Fruti Researh Inst. (1985a). Según el Grupo Técnico de Biofábricas y Plátano del Ministerio de la Agricultura 2004, el plátano extradenso es una nueva concepción aplicada a los plátanos vianda y fruta en Cuba, constituyendo un paquete tecnológico, dentro del cual, se destacan:

- El uso de altas densidades de siembra o plantación (3000 a 4000 plantas/ha), utilizando doble surco. Para riego por gravedad se recomienda un marco de plantación (3 x 2 x 1) m. Se requiere de un primer riego (mine) antes de la siembra.
- Un solo ciclo de cultivo (una cosecha), con uso más racional del recurso suelo, considerado apropiado para pequeñas parcelas. Se recomienda dar preferencia a la utilización de fertilizantes orgánicos como algunos subproductos de la industria azucarera (cachaza y vinaza), así como humus. Se logra disminuir las cantidades de productos químicos para el control de malas hierbas, plagas y enfermedades fungosas (Picudo y Sigatoka Negra), respecto al sistema tecnológico tradicional.
- Incremento de los rendimientos en 2 o 3 veces respecto al sistema tradicional, con una posible reducción de los daños provocados por huracanes.

Características básicas del montaje del sistema de campo para el regadío:

Para el montaje se tuvo en consideración lo expuesto en el catálogo Flexiflum 1996. El suministro del agua. El tanque se comporta como un dissipador de la energía del agua proveniente del hidrante. Por su parte inferior, esta conectado a una válvula, codo de 90 grados, y a la tubería de salida se le acoplaron un manómetro, un medidor de flujo, y la válvula (T) de aluminio bidireccional del sistema. A ambos lados de la válvula de aluminio bidireccional, se acoplaron las tuberías flexibles con las válvulas flexiflum de entrega de agua regulable insertadas a la misma. Entre el espacio comprendido entre las hileras de plantas, se situaron 2 válvulas.

A partir de la información brindada por el fabricante y de las evaluaciones realizadas en el laboratorio de hidráulica del IIRD, se determinaron los caudales posibles de aplicación en función de la carga o columna de agua de trabajo, tabla 3.

Tabla 3. Ecuaciones de ajustes

ABERTURA	ECUACIÓN	R ²
Total	$Q = 2.5246 H^{0.6183}$	0.9994
3/4	$Q = 1.9451 H^{0.6781}$	0.999
1/2	$Q = 1.4119 H^{0.7628}$	0.9988
1/4	$Q = 0.8273 H^{1.08273}$	0.998

Para la determinación del caudal máximo no erosivo se tuvo en cuenta lo expuesto por Gardner W. H. et al 1946 y los coeficientes adimensionales de Hamad y Stringham (1978), según Pérez, R. (1995). También se valoraron los criterios expuestos por, Walker, W. R. 1989 y Rodríguez, J. A, et al 2000, este último en relación al diseño del riego por pulsos.

Trabajos de campo y calibración del equipo TDR Hidrosense:

1. Para cada caudal evaluado: determinación de la humedad del suelo por perfiles de 0.10 m hasta 0.4 m, antes y después del riego, en distintos puntos o estaciones ubicadas a lo largo de la bandita (espacio entre hileras de plantas) por el método gravimétrico y hasta 0.20 m con el medidor TDR. A partir de los resultados de los muestreos gravimétricos se calibró el equipo TDR.
2. Registro de: hora de inicio y terminación (tiempo de corte del agua en la cabecera), los tiempos de avance y recesión del flujo de agua en estaciones ubicadas cada 10 m a lo largo de las entre líneas de plátano (120 m).
3. Mediciones de los parámetros de la sección transversal húmeda en la cabecera, centro, y final de la banda o faja (después del riego). En estos puntos (inicio, centro y final) la sección de la banda no era uniforme (lugares de diferentes profundidades), por tanto se tomaron las mediciones en 3 puntos de cada sección, determinándose el valor medio.
4. La calibración del equipo TDR arrojó la siguiente ecuación de ajuste:
 $y = 57.665 X - 27.95$, siendo: **R = 0.91**, **Y = humedad respecto al volumen (%)**, **X = lecturas en (ms)**. Para llevar a humedad respecto al peso de suelo seco, se divide la humedad respecto al volumen, por la densidad aparente a la profundidad de la medición.

Para el procesamiento de los datos de campo se consultaron los trabajos de, Díaz, A. et al (2000) y (2001), así como, "Evaluación del riego superficial" (2004). Fueron utilizadas 2 metodologías y varios software, entre las primeras figuran; Pérez R, (1995) y Rodríguez, J. A, et al, (2000). Entre los software utilizados están: Evaluación del Riego Superficial (ERIS) del autor principal y SIRMOD (USU 1993). Se aplicó por primera vez en este tipo de trabajo, el concepto de agua virtual, introducido por John Anthony Allan 1993, del King's College de Londres y de la Escuela de Estudios Orientales y Africanos, pionera en conceptos clave para la comprensión y divulgación de las cuestiones referentes a la problemática del agua y su conexión con la agricultura, el cambio climático, la economía y la política, según hispagua.cedex, (2008).

Resultados y discusión

En las Tablas 4 y 5 se resumen los resultados de las evaluaciones de campo para el riego con flujo continuo (RC). En la tabla 4 se muestran los parámetros de infiltración y avance y en la tabla 5, los resultados de los volúmenes aplicados, almacenados en la capa activa, y los percolados en el suelo a capas más profundas, así como, las eficiencias de, almacenamiento del agua en la capa activa del suelo, aplicación del agua, y su distribución a lo largo del campo. Además, se presentan los valores de la uniformidad absoluta de la distribución y la relación de percolación profunda.

Se aprecia que de los 3 caudales unitarios evaluados, el de 4.6 l/s/m ofreció el mejor comportamiento para el riego con flujo de agua continuo, con abertura de la válvula regulable a 1/2 y caudal de entrega por válvula de 2.8 l/s. El resultado anterior coincidió con la propuesta de estrategia de Rodríguez, J. A. et al (1999). En resumen, el caudal unitario de 4 l/s/m resultó el más favorable respecto a la eficiencia de aplicación del agua (40.4 %) y el de menor relación de percolación profunda del agua en el suelo (59.6 %).

Tabla 4. Parámetros de infiltración y de avance

Qu (l/s/m)	K (m ³ /m/min)	n	p	r	Zr (m ³ /m)
6.0	0.0025	1.12	20.27	0.523	0.0653
5.4	0.0219	0.59	8.88	0.603	0.0996
4.6	0.0242	0.532	7.921	0.624	0.0996

Tabla 5. Indicadores de eficiencia del riego

Qu (l/s/m)	Vap (m ³)	Valm (m ³)	Vpf (m ³)	Ealm (%)	Eap (%)	Ed (%)	UAD (%)	RPP (%)
6.0	29.28	7.84	21.44	100	26.78	96.0	95.0	73.2
5.4	38.41	11.95	26.46	100	31.10	83.2	74.6	69.0
4.6	29.57	11.95	17.62	100	40.40	83.1	74.4	59.6

Resultados de la evaluación con riego intermitente o por pulsos (RI):

En la figuras 1 se presentan las curvas de avance del agua en cada ciclo, mientras que en la figura 2, se exponen gráficamente, las eficiencias de aplicación mediante RC y RI, así como los incrementos obtenidos a partir de la transformación del riego continuo en RI.

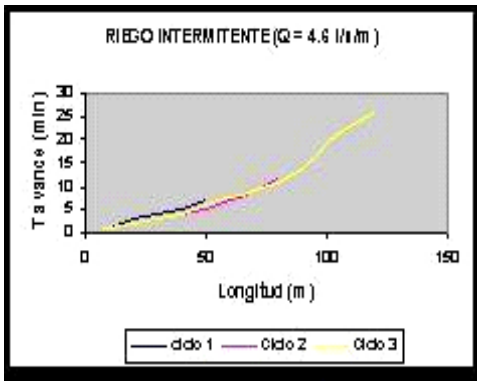


Fig. 1. Curvas de avance

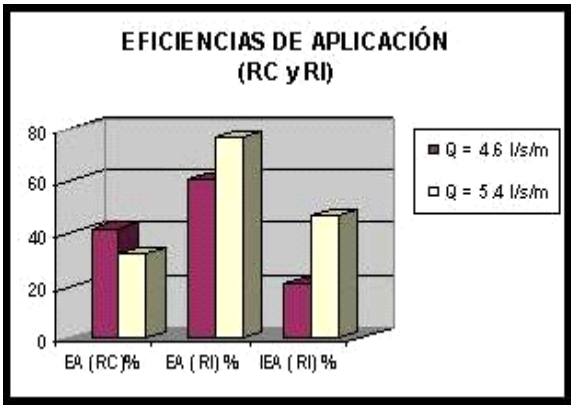


Fig. 2. Resultados de eficiencias de aplicación

De los resultados de las evaluaciones con el riego por pulsos o intermitente (RI), se obtuvo con el $Q_u = 4.6$ l/s/m una reducción del 23.7 % del volumen de agua entregado durante la fase de avance, respecto al mismo caudal con RC, lo que equivale a un ahorro de $6,21$ m³ de agua en dicha fase. El incremento obtenido de la eficiencia de aplicación del agua mediante la transformación del RC a RI, alcanzó un 19.4 %, es decir, E_a (RI) = 59.8 %. Estos resultados fueron aún mayores en la comparación con el $Q_u = 5.4$ l/s/m, con un ahorro de agua de $9,6$ m³ en cada banda y un incremento de la eficiencia de aplicación de 45.4 % respecto a dicho caudal.

Agua Virtual:

Se determinó como:

$$A V = V T \text{ agua aplicada} / T \text{ de alimento producida}$$

1. El Volumen total de agua aplicada en el área (1 ha) se calculó como Dosis bruta total = (Dosis neta parcial / E ap) * Número de Riegos (para ambos casos, RC y RI).
2. Por medio de la ecuación anterior se determinaron los respectivos valores del agua virtual.

Como resultado, el riego intermitente permite una disminución del 32.67 % del volumen total de agua aplicada por tonelada de plátano producida, lo que equivale a 0.27 m³ / Kg, en relación al riego con flujo continuo.

Resultados económicos

La producción media obtenida fue de 25.3 T/ha, con un incremento del rendimiento medio de la plantación de 5.3 T/ha, respecto al obtenido con igual clon en las primeras áreas de plátano extradenso, con cosecha durante el primer año de implantación de esta tecnología en Cuba, Grupo Técnico de Biofábricas y plátano. MINAG, 2004.

En la tabla 6 se muestran los resultados de la evaluación económica realizada, según los procedimientos metodológicos descritos por Pérez Ricardo y M. Álvarez, capítulo 7, 2005.

Tabla 6. Indicadores económicos evaluados

Indicadores económicos	Valores
Punto Equilibrio Económico (T)	14.3
Utilidad neta (\$ / ha)	24178.9
Costo Unitario (\$/T)	1244.75
Relac. Costo Riego – Costo Total (%)	18.82
Salario por peso producción (\$ / \$)	0.23
Relación Beneficio – Costo (\$ / \$)	0.77
Rentabilidad de las Inversiones Riego (\$/\$)	16.91
Período Recup. Inversiones Riego (años)	Menor de 1 (Cosecha)

Conclusiones y recomendaciones

Dado que las necesidades alimentarias no son negociables, el principal objetivo del mejoramiento del agua de regadío, depende del paulatino incremento de la productividad agrícola de este recurso.

1. Se debe utilizar el caudal unitario de 4.6 l/s/m, acorde a todo lo expuesto en este trabajo, así como, regar cuando la humedad del suelo este aproximadamente al 80 % del limite superior de la humedad fácilmente utilizable, a la profundidad que se requiere humedecer. Los intervalos de riego más cortos (4 – 6 días), solo resultan válidos en los últimos 110 días y nunca se deberá regar por inundación toda el área, ya que atenta contra la conservación y mejoramiento del recurso suelo, así como al logro de un adecuado anclaje de las raíces y del efectivo desarrollo de la plantación.
2. Para el riego intermitente se debe tomar como guía lo expuesto en este trabajo, ya que los resultados obtenidos, aunque no espectaculares, permiten incrementar la eficiencia de aplicación en casi un 20 %, así como, lograr una disminución de 32.67 % del volumen total de agua aplicada por tonelada de plátano producida, lo que equivale a 0.27 m³ / Kg, en relación al riego con flujo continuo.
3. La evaluación económica realizada revela la viabilidad técnico – económica de ambas tecnologías (plátano extradenso y modernización del riego superficial). Por otra parte, los trabajadores reciben un incremento de salario en correspondencia con el aumento de la producción de alimentos, hecho que contribuye también a mejorar la calidad de vida de estos.

Como recomendaciones proponemos:

1. Dar continuidad a los estudios investigativos en el área, dándose optima satisfacción a los requerimientos hídricos del cultivo de rotación, mediante un eficiente uso y manejo del agua de regadío.
2. Extender este sistema de plantación y tecnología de riego superficial, hacia algunas Empresas de interés del Grupo Empresarial de Cultivos Varios de nuestro Ministerio, por cuanto contribuyen a incrementar los volúmenes de alimentos para el bienestar, salud y aumento de la esperanza de vida de la población.

Bibliografía consultada

- Dehoguez, E. y O. R. García. Principales parámetros tecnológicos para surcos en suelos oscuro plástico gleyzado gris amarillento sobre material transportado. Etapa 03 Programa Ramal (511 - 03). IIRD-MINAGRI. Ciudad de La Habana. 1989.
- Dehoguez, E., O. R. García y R. Pérez. Determinación de los principales parámetros del Riego por surcos en vertisuelos. Primera Jornada Nacional de Riego y Drenaje. Unión de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba. Ponencia 1991.
- Dehoguez, et. al. Metodología para el diseño de la técnica de riego por surcos con vertimiento. IIRD-ENPA-IPROYAZ. 1993.
- 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 Nacional Agraria de la Habana – Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje del Ministerio de la Agricultura. 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. Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje del Ministerio de la Agricultura. C. Habana. 2001.
- Doorembos, J, A. H. Kassam, C.L.M, Bentvelsen y V. Branscheid (1979), Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje. ONU. Roma 77-82 pp
- Evaluación del riego superficial www.eead.csis.es/oficinaregante/riego, consulta 2004.
- Flexiflume. Catalogo de tuberías flexibles y válvulas de entrega de agua a los surcos regulables. Australia, 1996.
- Gardner W. H. And C. N. Lauritzen. Erosion as function of the size of the irrigation stream and the slope of eroding surface. Soil Science. (62). 1946.
- Grupo Empresarial de Cultivos Varios MINAG. Instructivo Técnico del Cultivo del Plátano, 2004.
- Grupo Técnico de Biofábricas y plátano. MINAG, Tecnología del futuro: Una nueva concepción en la producción de plátano fruta y vianda en Cuba, (segunda revisión), agosto, 2004.
- Hamad, S. N. And G. E. Stringham. Maximum No erosive furrow irrigation Stream Size. Journal of Irrigation and Drainage Division ASCE V. 104 (275-281). 1978.
- Huella Hídrica de las Naciones.
www.hispagua.cedex.es/documentación/especiales/especial-huella-hidrica/necesidades.htm, consulta 2008.
- La caña de Azúcar en Cuba. Capítulo: Riego y Drenaje. Ed. Científico Técnica, C. Habana. 1987, pp 448-445-541.

- Lambert, M. y R. Pérez. Resultados de evaluaciones en condiciones de laboratorio de válvulas de aberturas regulables y fija para la entrega de agua en el riego superficial. Agrin 2005 y Forum de Ciencia y Técnica de base y municipal, 2005.
- Martín, R. J., R. Vigoa y A. León.
- Martínez, V. R. 1984^a. Distribución del sistema radical del plátano fruta (Mussa AAA). Cienc. Tec. Agric., Riego y Drenaje 7 (1) : 61 – 73, 1984 a.
- Meneses, P. J, J. F. Fernández, O. Rodríguez y H. Matos. Resultados de las pruebas de riego por surcos realizadas en el UPAI Paraguay de Guantánamo. IV Reunión Nacional de Investigaciones de Riego y Drenaje de la Caña de Azúcar. 1989.
- Meneses, P. J. Determinación de los parámetros de diseño del riego superficial en la caña de azúcar. Tesis en opción al título de Master en Riego y Drenaje. IIRD – UNAH. C. Habana. Cuba. 2000.
- Modernización del manejo del agua de riego. <http://www.fao.org/docrep/006/y4325sOa.htm> # TopOf Page, consulta, 2008.
- Pérez, Ricardo y J. L. Silveira. Investigaciones de campo en el CAI “Urbano Noris” para la determinación de los elementos fundamentales de la técnica de riego por surcos para la caña de azúcar. Cuarto Seminario de Ciencias Técnicas Agropecuarias. CEMA. La Habana. 1989.
- Pérez, Ricardo y Mayda Álvarez. Necesidades de Riego de la Caña de Azúcar en Cuba. Capítulo 7 (Costos y Rentabilidad). Editorial Academia – IIRD, formato Cd, multimedia, C. Habana, 2005.
- Pérez, Ricardo y Meneses P. J. Impacto de las evaluaciones del riego por surcos en la caña de azúcar. II Seminario Internacional sobre el uso eficiente del agua. Morón, Ciego de Ávila. Cuba. 2004.
- Pérez, Ricardo, J. L. Silveira, M. Álvarez y M. A. Gómez. Resultados de las pruebas de riego por surcos en un bloque experimental del CAI “Urbano Noris” Revista Científico-Técnica CNCA. Ciudad de La Habana 1989.
- Pérez, Ricardo. 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, Ricardo. Metodología para la evaluación del riego por surcos. Ed. CNCA – MINAZ. 1995.
- Riego por caudal discontinuo [www. Pyrargentina.com/ hojas/hoja4.htm](http://www.Pyrargentina.com/hojas/hoja4.htm). Consulta 2003.
- Rodríguez J. A, Julio Reyes Fernández, Mario Felipe Alayón. Tecnología Integral de Riego Superficial Convencional en Cultivos Varios. Informe de investigación, IIRD, C. Habana, 1999.
- Rodríguez, J. A, A. Díaz, J. Reyes, R. Pujols. Diseño del riego por pulsos para suelos ferralíticos rojos. IIRD, 2000.
- Rodríguez, J. A, M. Felipe y J. Reyes Diseño, Construcción y Evaluación de un sistema de riego por pulsos en el cultivo del tabaco. Informe de investigación. IIRD, C. Habana, 1996.
- 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. Trabajo

presentado en el Primer Evento científico internacional TERYDAC 95. Ciego de Ávila. Cuba. 1995.

USU. 1993. SIRMOD, the surface irrigation model; User's guide. Irrigation Software Engineering Division, Dept. of Biological and Irrigation Engineering, Logan, Utah. Theory. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE, 114(1):4-17. 1988.

Walker, W. R. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems, FAO. Irrigation and Drainage Division. Paper 45. Roma (1989).