

Programación del riego del banano (*Musa paradisiaca*) en finca San José 2, Los Ríos, Ecuador

*Irrigation schedules of banana (*Musa paradisiaca*) in San José 2 ranch, Los Ríos province, Ecuador*

M.Sc. Oscar Caicedo Camposano¹, Dr.C. Carlos Balmaseda Espinosa^{II}, M.Sc. Jaime Proaño Saraguro^{III}

¹ Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.

^{II} Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.

^{III} Universidad Agraria del Ecuador.

RESUMEN. La programación del riego en una plantación de banano en la mayor parte de los sistemas de riego de la provincia de Los Ríos, Ecuador, se realiza de forma empírica, o sea, no se siguen criterios científico-técnicos para definir cuándo y cuánto regar. Uno de los esquemas más empleados es aplicar diariamente una lámina fija de agua durante la época de seca. El objetivo de este trabajo fue comparar tres esquemas de programación del riego, que incluyen la reposición del déficit de humedad en el suelo hasta la capacidad de campo, la aplicación de una lámina fija en intervalos definidos por el usuario y no regar. Los resultados obtenidos con el empleo del programa CROPWAT demuestran la necesidad del riego en la época de seca para evitar pérdidas de rendimiento que pueden sobrepasar el 40%. Por otro lado, con el calendario que hoy se utiliza, se aplica agua en exceso, como ha ocurrido en los tres últimos años. Un calendario en el que se reponga hasta capacidad de campo la lámina agotada es eficiente.

Palabras clave: calendario de riego, CROPWAT.

ABSTRACT. In the province Los Ríos, Ecuador, irrigation practices in banana plantations are based on the farmer's own experience, they are carried out in an empiric way. One of the more used practices is to irrigate daily in a fixed water application depth during the dry season. The objective of this research was to compare three irrigation scheduling that include: irrigate at critical depletion and refill soil to field capacity, irrigate at fixed interval a fixed water application depth, and no irrigation (rain fed). The results obtained with the employment of CROPWAT program demonstrate the necessity of the irrigation practices in the dry period to avoid yield losses that can surpass 40%. On the other hand, the current used irrigation scheduling exceeded the irrigation water requirement, like it has happened in the last three years. An irrigation scheduling at critical depletion and refill soil to field capacity is efficient.

Keywords: irrigation schedule, CROPWAT.

INTRODUCCIÓN

Los Recursos Hídricos del Ecuador son pródigos. La cantidad de agua disponible en todos los sistemas hidrográficos del país es de 432 000 hm³ en la estación lluviosa y en la época seca hasta 146 000 hm³, debido a la irregular distribución espacial y temporal de las precipitaciones (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2013). Sin embargo, la disponibilidad general para el país es de solo 34%, o sea, 147 000 hm³.

La principal consecuencia que provoca esta situación es que anualmente hay temporadas excesivamente lluviosas que originan inundaciones con pérdidas periódicas para la actividad agrícola y épocas en las que la falta de agua provoca sequías.

La provincia Los Ríos posee la distribución hidrográfica

más rica del Ecuador, la cual es dominada por el río Babahoyo que tiene como sus principales afluentes los ríos Caracol, San Pablo, Pueblo Viejo, Vinces, Zapotal y Yaguachi. Se han censado en su territorio 379 ríos, riachuelos y esteros existiendo además la presencia de humedales. Por otra parte la distribución temporal de las precipitaciones tiene la misma tendencia del país, según datos recogidos durante 24 años en la Estación Meteorológica ubicada en la Universidad Técnica de Babahoyo, el promedio mensual de lluvias de enero a abril es de 456,8 mm, mientras de mayo a diciembre la media es de 43,8 mm. De ahí la importancia del regadío de los cultivos agrícolas en el período seco.

En esta provincia el banano es uno de los cultivos de mayor importancia económica, por lo que requiere de grandes inversiones de infraestructura entre ellas la de riego; de las 637 000 ha de suelos con aptitud agrícola 55 040 ha están sembradas con banano las mismas que en su mayoría poseen riego por aspersión subfoliar y en menor cantidad riego con aspersores de alta presión (gran cañón).

La programación y manejo del agua de riego tiene como objetivos determinar ¿Cuánta agua hay que aplicar? y ¿Cuándo hay que regar? (Villar Mir, 2005). En el cultivo del banano en la mayor parte de los sistemas de riego de la provincia Los Ríos la programación se realiza de forma empírica, o sea, no se siguen criterios científico-técnicos para definir cuándo y cuánto regar. Uno de los esquemas más empleados es aplicar diariamente una lámina fija de agua durante la época de seca.

La determinación empírica de los calendarios de riego es común en diversos sitios y cultivos, tales son los casos de la caña de azúcar en el norte de la provincia Villa Clara, Cuba (Avalos y Pacheco, 2012) y la Franja de Gaza, Palestina, donde las prácticas de riego se basan en la experiencia de los agricultores por en el conocimiento que poseen de la apariencia del suelo y las condiciones climáticas (Al-Najar, 2011).

Con el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs) se han diseñado software para determinar la programación del riego. Uno de los más difundidos es el conocido mundialmente como CROPWAT 8.0 (Swennenhuis, 2009). Sus principales funciones son el cálculo de la evapotranspiración de referencia, los requerimientos de agua de los cultivos y la modelación de calendarios de riego bajo diferentes condiciones de manejo. Es una herramienta muy útil para agrónomos, agrometeorólogos y todos los encargados de tomar decisiones en el uso y manejo del agua de riego (Najafi, 2007).

El uso del CROPWAT ha sido reportado por varios investigadores en diversas condiciones de clima, suelo y cultivo, algunos ejemplos son:

- Para calcular la ETo a partir de información climatológica en regiones áridas y semiáridas de Irán y comparar su exactitud con datos medidos en lisímetros (Najafi, 2007).
- Estimación de los requerimientos de riego de cítricos, almendros, palma datilera y uvas en la Franja de Gaza (Al-Najar, 2011).
- En una zona del Pacífico de México se estudiaron los requerimientos hídricos del banano y se modelaron varios escenarios probables de calendarios de riego para atenuar el efecto negativo de los patrones erráticos de las precipitaciones sobre el rendimiento del cultivo (Cigales y Pérez, 2011).
- Programación del riego del patrón de cultivos (en el que predominaba la caña de azúcar) de una zona con diferentes opciones de frecuencia y aplicación del riego, de esa manera determinaron si las necesidades de agua calculadas eran satisfechas con la cantidad de agua disponible en la región (Arteaga *et al.*, 2011).
- Determinación de los requerimientos de riego de la jatropha (*Jatropha curcas* L.) para condiciones áridas del sureste de Marruecos (Rajaona *et al.*, 2012) Probaron las bondades del CROPWAT para la determinación de los requerimientos hídricos de hibiscos (*Rosa sinensis*) en Maiduguri, Nigeria, en un proyecto de riego por goteo (Arku *et al.*, 2012) theoretical

Landscape water requirements for hibiscus (*Rosa sinensis*).

- Para pronosticar el riego de King Grass (*Pennisetum purpureum*) en zonas llanas del oriente cubano (Sosa *et al.*, 2012).

El objetivo de este trabajo fue comparar tres esquemas de programación del riego obtenidos con el empleo de CROPWAT, que incluyen la reposición del déficit de humedad en el suelo hasta la capacidad de campo, la aplicación de una lámina fija en intervalos definidos por el usuario, y no regar.

MÉTODOS

El trabajo se realizó en la finca “San José 2” de la compañía ODORISIO, ubicada al norte del cantón Babahoyo en las coordenadas UTM 662270, 9811604 del Datum PSD 56, y una altura de 8 metros sobre el nivel del mar. La Finca tiene una superficie de 47,16 hectáreas, se encuentra cultivada en su totalidad con banano. El marco de siembra es de 2,7 m por 3,0 m, con lo cual da una densidad de población de 1220 plantas por hectárea.

El riego se realiza por aspersión subfoliar, cuyos aspersores tienen un caudal de 680,21 L/hora, el espaciamiento entre ellos es de 12 m y entre laterales 14 m, con eficiencia de aplicación de 90%. El sistema funciona con un motor a combustión de 186,42 kW (250 HP) de potencia y un consumo de combustible aproximado de 18,9 L de diesel/hora.

En la Finca existe una red de drenaje constituida de un canal principal o colector central y canales secundarios y terciarios con los cuales se evacuan las aguas superficiales y se mantiene el nivel freático a una profundidad superior a 1,7 m.

La programación del riego se realizó con el empleo el programa CROPWAT (Swennenhuis, 2009), se estudiaron tres esquemas: (i) CC: regar a agotamiento crítico reponiendo la humedad hasta capacidad de campo; (ii) Real: regar a intervalo fijo por etapa aplicando una lámina fija; (iii) Secano: no regar. Cada esquema se evaluó para una serie de datos climáticos históricos y para los años 2011, 2012 y 2013, a esto en lo adelante se le denomina “temporadas”.

La segunda variante es la que actualmente se emplea en la Finca, a partir de la disminución de las precipitaciones a principios de mayo y hasta diciembre se aplica cada día una lámina de riego de 4 mm.

La información climática utilizada (Tabla 1) se obtuvo a partir de datos recopilados en la Estación Meteorológica del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo (UTB), durante 24 años (1990- 2013).

Los valores de la evapotranspiración de referencia (ETo) fueron calculados por la fórmula de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 2006) implementada en el programa CROPWAT a partir de registros de temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa, velocidad del viento e insolación. La primera columna de ETo representa el 25% de probabilidad de excedencia, es decir, una condición crítica alta para el diseño de sistemas de riego. Las precipitaciones históricas se refieren a valores que pueden excederse en tres de cada cuatro años, o sea 75% de probabilidad, condición crítica baja o año medio seco (Fuentes Yagüe, 2003). En el resto de las columnas aparecen los datos medidos en los años señalados.

TABLA 1. Información climática empleada en la programación del riego

Meses	Evapotranspiración de referencia (mm/día)				Precipitaciones caídas (mm/mes)			
	Históricos	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Históricos	Año 2011	Año 2012	Año 2013
Enero	3,40	2,90	2,54	2,27	351,1	289,4	516,1	205,0
Febrero	3,30	3,27	3,01	2,74	538,3	386,6	1063,2	571,7
Marzo	3,8	4,11	3,66	3,01	524,5	154,3	1039,5	813,2
Abril	3,80	3,57	3,33	3,06	413,2	524,4	380,6	334,4
Mayo	3,20	3,17	3,07	2,51	137,0	1,9	325,9	20,2
Junio	2,60	2,52	2,61	2,28	32,8	31,0	4,6	39
Julio	2,60	2,39	2,73	2,36	13,1	104,4	1,4	0,0
Agosto	2,80	2,48	2,61	2,55	3,4	0,4	1,3	0,0
Septiembre	3,00	2,85	2,61	2,89	4,2	3,6	1,6	0,0
Octubre	3,00	2,65	2,71	2,69	6,6	0,3	7,4	2,2
Noviembre	3,10	2,86	2,86	2,19	31,2	8,6	4,4	0,6
Diciembre	3,20	3,07	2,84	2,99	122,4	57,4	23,3	2,7

Dado que en la zona de estudio no existen investigaciones precedentes de necesidades hídricas del cultivo de banano, se tomaron los datos propuestos en las bases del CROPWAT. El balance se realizó para el año calendario (enero-diciembre). El valor de agotamiento crítico se consideró de 0,45 para todas las etapas de desarrollo del banano.

La información de suelos requerida se obtuvo en ensayos realizados en la zona de estudio y aparecen a continuación:

- Humedad de suelo disponible total: 100 mm/metro.
- Tasa máxima de infiltración de la precipitación: 114 mm/día.
- Profundidad radicular máxima: 60 cm.
- Agotamiento inicial de humedad del suelo: 0%.

Se realizó un análisis de varianza por el método de mínima

diferencia significativa (Carballo y Prado, 1980) para comprobar si existían diferencias entre los esquemas de programación y entre las temporadas estudiadas para las precipitaciones efectivas y los requerimientos reales de riego.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 aparecen diversos indicadores que resumen los resultados de las variantes de programación del riego estudiadas al combinar los esquemas con las temporadas en el CROPWAT. El análisis y discusión de los resultados que se exponen en lo adelante se refieren a los datos de dicha tabla, a menos que se indique lo contrario.

TABLA 2. Indicadores de programación del riego resultantes del CROPWAT

Variantes	No. Riegos	ETc (mm)	Lámina Total (mm)	Pérdida Total Riego (mm)	Precip. Efectiva (mm)	Déficit humedad cosecha (mm)	Requer. Real riego (mm)	Efic. Programa Riego (%)	Reducción Rendim. (%)
CC históricos	23	1340,7	667,2	0,0	657,6	15,9	683,2	100,0	0,0
CC 2011	22	1133,8	630,3	0,0	491,3	12,2	642,5	100,0	0,0
CC 2012	20	1100,4	575,6	0,0	505,9	18,9	594,5	100,0	0,0
CC 2013	21	990,5	595,9	0,0	382,0	12,7	608,5	100,0	0,0
Secano Históricos	0	1340,7	0,0	0,0	730,5	15,9	610,3	0,0	44,3
Secano 2011	0	1133,8	0,0	0,0	609,6	34,2	524,2	0,0	43,2
Secano 2012	0	1100,4	0,0	0,0	507,9	45,9	592,5	0,0	49,7
Secano 2013	0	990,5	0,0	0,0	384,9	58,3	605,5	0,0	55,2
Real Históricos	244	1340,7	976,0	64,3	429,1	0,0	911,7	93,4	0,0
Real 2011	244	1133,8	976,1	248,4	403,4	0,0	730,4	74,6	0,2
Real 2012	213	1100,4	852,0	219,6	468,0	0,0	632,4	74,2	0,0
Real 2103	244	990,5	976,0	314,5	329,0	0,0	661,5	67,8	0,0

En los resultados de la variante sin riego (secano) se puede apreciar la necesidad de la aplicación del regadío en la zona estudiada. En las cuatro temporadas analizadas hubo reducción del rendimiento del cultivo, en todos los casos superior al 43% debido a la disminución de la evapotranspiración, especialmente en las etapas de desarrollo media y final, ya que durante la inicial y parte del desarrollo cae cerca del 90% de las precipitaciones del año y se satisfacen los requerimientos hídricos del cultivo. Obsérvese que al final del balance los déficits de humedad de los tres últimos años sobrepasan el 34%. Este resultado es corroborado por investigaciones que afirman que el plátano es muy sensible a la sequía, ya que provoca problemas en el desarrollo foliar y dificulta

la salida de inflorescencias que producen racimos torcidos y entrenudos cortos (Herrera Rojas y Colonia Coral, 2011).

Las láminas totales determinadas en la variante donde se llega al agotamiento crítico permisible de la humedad (CC) son al menos 1,4 veces inferiores a las calculadas para la programación que hoy se realiza en la zona estudiada (Real). En el primer caso se hace un eficiente programa de riego, la humedad del suelo fluctúa entre la capacidad de campo y una fracción de agotamiento igual a 0,45 de la humedad total disponible, por lo que no hay reducción del rendimiento del cultivo.

Los 4 mm de lámina de riego fija de aplicados en el esquema de programación de la finca objeto de estudio provocan la extracción de grandes volúmenes totales que traen consigo pérdidas del agua de riego y disminución en la eficiencia del programa de regadío (67 y 74% en algunas temporadas). Todo

ello tiene implicaciones económicas especialmente por los costos del combustible empleado en la aplicación del riego, además de los potenciales problemas ambientales causados por el mal manejo del agua.

Las pérdidas de agua de riego que aparecen en la Tabla 2 significan que a un costo de 0,274 USD/L de diesel se han derrochado 1000,84 USD por el costo del combustible utilizado en la aplicación de agua no usada por el cultivo.

La distribución temporal de las lluvias es muy desigual, como se dijo antes, cerca del 90% del total caen entre los meses enero y abril, es por ello que las láminas de precipitación efectiva son bajas respecto a los totales anuales. Al realizar un análisis de varianza de este parámetro se pudo comprobar que existen diferencias significativas tanto entre los esquemas como entre las temporadas (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de varianza de las precipitaciones efectivas para los tres esquemas de programación del riego estudiados

	Esquemas				Temporadas			
	Secano	CC	Real		Histórico	2011	2012	2013
Secano	0	49,0	150,8 **	Histórico	0	104,3	111,8 *	240,4 **
CC		0	101,8 *	2011		0	7,5	136,1 *
Real			0	2012			0	128,6 *
				2013				0

* Diferencias significativas; ** Diferencias altamente significativas.

Los esquemas sin riego (Secano) y el de reposición de humedad hasta capacidad de campo (CC) no tienen diferencias en las precipitaciones efectivas porque en ambos casos éstas se calculan a partir del balance hídrico, no ocurriendo esto en el de lámina fija (Real), pues ésta se aplica independientemente de la humedad precedente que haya en el suelo, por tanto la lluvia prácticamente no se considera. Los resultados de este análisis pueden ser evaluados como confiables al tener un coeficiente de variación de 13,5%, valor relativamente bajo (Carballo y Prado, 1980).

El análisis de las temporadas demuestra la variación que existe entre los años. El 2013 tiene diferencias altamente significativas con las precipitaciones del año medio seco y significativas con los años 2011 y 2012. Fue un año en que el clima se comportó de manera diferente, las precipitaciones totales estuvieron por debajo del valor para el 75% de probabilidad y la evapotranspiración del cultivo (ETc) fue la más baja de las temporadas analizadas.

Los requerimientos reales de riego se hallan por la diferencia entre la evapotranspiración del cultivo (en el resumen de CROPWAT se le llama “uso potencial del agua por el cultivo”) y las precipitaciones efectivas. Los valores calculados son confiables, su coeficiente de variación es de 10,2%. Hay diferencias significativas entre esquemas y entre temporadas (Tabla 4).

TABLA 4. Análisis de varianza de los requerimientos reales de riego para los tres esquemas de programación del riego estudiados

	Esquemas				Temporadas			
	Real	CC	Secano		Histórico	2011	2013	2012
Real	0	101,8 *	150,8 **	Histórico	0	102,7	109,9 *	128,6 *
CC		0	49,0	2011		0	7,2	25,9
Secano			0	2013			0	18,7
				2012				0

* Diferencias significativas; ** Diferencias altamente significativas.

Como era de esperar el resultado del análisis de varianza de los requerimientos reales de riego en los esquemas estudiados es exactamente lo contrario al de las precipitaciones efectivas explicado anteriormente. En las temporadas se observan diferencias significativas solo entre los años 2012 y 2013 respecto al año medio seco. Las láminas requeridas de riego fueron similares en las tres últimas temporadas.

CONCLUSIONES

- La aplicación de agua de riego es una necesidad para obtener rendimientos altos y estables en el cultivo del banano en la zona de Babahoyo, provincia Los Ríos, Ecuador.
- El esquema de programación del riego que actualmente se emplea en la finca San José 2 es ineficiente, ha causado

- pérdidas del agua de riego entre 2196 y 3145 m³/ha en los últimos tres años.
- La programación del riego en función de reponer la humedad del suelo hasta capacidad de campo cuando ha llegado al agotamiento crítico (0,45 de la humedad total disponible) es eficiente y no causa reducción en el rendimiento del cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-NAJAR, H.: "The integration of FAO-CropWat Model and GIS Techniques for Estimating Irrigation Water Requirement and Its Application in the Gaza Strip", [en línea] *Natural Resources*, ISSN-2158-706X, 2158-7086, DOI-10.4236/nr.2011.23020, 02 (03): 146-154, 2011.
- ALLEN, R.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M.: *Evapotranspiración del Cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, edit. Estudio FAO Riego y Drenaje 56, Ed. FAO, ISBN-92-5-304219-2, Roma, 2006.
- ARKU, A.Y.; MUSA, S.M.; MOFOKE, A.L.E.: "Determination of water requirements for irrigating Hibiscus (Rosa sinensis) in Maiduguri metropolis", *Journal of Applied Phytotechnology in Environmental Sanitation*, ISSN-2088-6586, 1 (1): 37-42, 2012.
- ARTEAGA, R.; ÁNGELES, V.; VÁZQUEZ, M.A.: "Programa CROPWAT para planeación y manejo del recurso hídrico", *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, ISSN-2007-0934, 2 (2): 179-195, 2011.
- AVALOS, J.; PACHECO, J.: "Programación del riego de la caña de azúcar en la provincia de Villa Clara, Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-1010-2760, 21 (4): 61-66, 2012.
- CARBALLO, M.; PRADO, L.: *Bioestadística*, Ed. Pueblo y Educación, pp. 236, La Habana, Cuba, 1980.
- CIGALES, M.; PÉREZ, O.: "Variabilidad de suelos y requerimiento hídrico del cultivo de banano en una localidad del Pacífico de México", *Avances en Investigación Agropecuaria*, ISSN-0188-7890, 15 (3): 21-31, 2011.
- FUENTES YAGÜE, J.L.: *Técnicas de riego*, Ed. Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - Ediciones Mundi-Prensa, vol. 4a edición revisada y ampliada, pp. 483, ISBN-84-8476-124-X, Madrid, 2003.
- HERRERA ROJAS, M.; COLONIA CORAL, L.: *Guía Técnica: Manejo integrado del cultivo de plátano*, ser. Jornada de capacitación UNALM-AGROBANCO, Ed. Universidad Nacional Agraria La Molina, pp. 33, Perú, 2011.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA: *Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012 - 2027*, [en línea] Ed. MAGAP, pp. 186, ISBN-09 8441 0399, Ecuador, 2013. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/127451977/Libro-Plan-Nacional-de-Riego-y-Drenaje>
- NAJAFI, P.: "Assessment of CropWat Model Accuracy for Estimating Potential Evapotranspiration in Arid and Semi-arid Region of Iran", *Pakistan Journal of Biological Sciences*, ISSN-1028-8880, 10 (16): 2665-2669, 2007.
- RAJAONA, A.M.; SUTTERER, N.; ASCH, F.: "Potential of Waste Water Use for Jatropha Cultivation in Arid Environments", [en línea] *Agriculture*, ISSN-2077-0472, DOI-10.3390/agriculture2040376, 2 (4): 376-392, 4 de diciembre de 2012.
- SOSA, A.A.; HERRERA PUEBLA, J.; ALARCÓN, R.: "Pronóstico del riego para dos empresas pecuarias de la provincia de Granma", *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-2227-8761, 2 (1): 31-36, 2012.
- SWENNENHUIS, J.: *CROPWAT*, (Versión 8.0), Ed. Unidad de Fomento y Gestión de las Aguas de la FAO, Roma, Italia, 2009.
- VILLAR MIR, J.M.: "La gestión del agua de riego", *Dossier Tècnic*, ISSN-1699-5465, (4): 9-12, junio de 2005.

Recibido: 15 /02/ 2014.

Aprobado: 09/12/2014.

Publicado: 28/01/2015.

Oscar Caicedo Camposano, docente investigador de la Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador. Correo electrónico: jquint007@hotmail.com

Todos nuestros servicios
a su disposición

BIBLIOTECA ANTONIO MACHADO RUIZ

UNIVERSIDAD DE GRANMA (UGR)