

Viabilidad económica del riego localizado en el cultivo del cafeto

Economic feasibility of localized irrigation in coffee cropping

Dr.C. Roberto Martínez Varona, Dr.C. Enrique Cisneros Zayas

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

RESUMEN. La investigación desarrollada tuvo como objetivo definir desde el punto de vista económico, una tecnología de riego localizado superficial apropiada para el cultivo del cafeto en las condiciones edafoclimáticas de la región de San Andrés, a partir de la evaluación del efecto en plantaciones establecidas de dos áreas humedecidas (52 y 100% del espacio vital) y dos intervalos de riego (cada 3 y 5 días) sobre los rendimientos agrícolas y la rentabilidad generada por las tecnologías utilizadas. De las variantes tecnológicas estudiadas la que mejor resultados mostró fue la de humedecer como mínimo el 52% del área vital, cada cinco días, donde se lograron los mejores rendimientos (24,46 t ha⁻¹ café cereza) y las mayores relaciones B/C (4,19), beneficios generados con relación al capital gastado a largo plazo (32,36), al costo total por riego (2,45), así como las mayores utilidades netas (67 377,7 pesos/ha). La validación de esta propuesta en condiciones extensivas de producción mostró igualmente una alta efectividad económica.

Palabras clave: Área humedecida, productividad agrícola, economía del riego.

ABSTRACT. This research was aimed at defining from the economical point of view, an appropriate surface localized irrigation technology to cultivate coffee trees for the edafoclimatic conditions of San Andrés, from the evaluation of the effect of settled plantations of two moisture areas (52 and 100 % of vital space) and two irrigation intervals (every 3 and 5 days) over agricultural yields and final rentability according the technology used. Among the technological variants studied, the best result showed was the one included to wet as minimum 52% of vital area every 5 days, where best yields were obtained (24,46 t ha⁻¹ coffee cherry) and the biggest relations B/C (4,19), benefits obtained with relation to capital spent to long term (32,36) to a total cost per irrigation (2,45) as well as the highest net profitabilities (67 377,7 pesos/ha). Validation of this proposal in extensive production conditions also showed high economical effectivity.

Keywords: wet area, agricultural yields, economical irrigation.

INTRODUCCIÓN

Después del petróleo, el café es el producto de mayor importancia en el mundo en términos de exportaciones y generaciones de ingresos (Da Matta *et al.*, 2008), constituyendo el principal cultivo en el 70% de los países tropicales. Se cultiva aproximadamente en 10 millones de hectáreas y la producción mundial es de alrededor de cinco millones de toneladas de café verde, de las cuales el 69% provienen de variedades de *Coffea arabica* L., el 30% de *Coffea canephora* y el 1% de *Coffea liberica*. Brasil, Colombia y Vietnam cubren el 50% del mercado

mundial (Larramendi, 2002)¹.

En Cuba se produce café en los cuatros sistemas montañosos: Sierra Maestra, Sagua-Nipe- Baracoa, grupo Guamuhaya y Sierra de los Órganos, contándose con un total de 93 000 ha plantadas de cafeto (Legra, 2012)², donde la producción oscila entre 8 000 y 14 000 t de café verde/año. Se cultiva por debajo de los mil metros de altura y la floración se presenta desde diciembre hasta abril. Esta época coincide con el período poco lluvioso del año, donde las precipitaciones representan

¹ LARRAMENDI R, L.A.: Efecto eco-fisiológico de diferentes niveles de irradiancia en la productividad biológica y agrícola del cafeto (*Coffea arabica* L.) en ecosistemas típicos de la Sierra Maestra. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícola. 2002

² LEGRA, C. E.: Director de café y cacao del Grupo Empresarial de Agricultura de montaña (GEAM), Fuente: 2012.04.18 - 23:08:47 / web@radiorebelde.icrt.cu / José Cabrera Peinado. 2012

aproximadamente el 25% del total anual. Esta situación prácticamente obliga a garantizar el riego como complemento de la lluvia. (Rey, 1987).

Obtener elevadas y estables producciones en el café con una calidad exportable del grano y de manera rentable, es un reto que tiene hoy la agricultura de montaña en Cuba. El riego ha demostrado ser un facilitador de este logro en aquellas condiciones en que las lluvias son deficitarias. Bajo estas premisas y ante la necesidad de un uso eficiente del agua, recurso que muestra un horizonte futuro de escasez, se hace imprescindible la búsqueda de una tecnología de riego adaptable a dichas necesidades y que contribuya a la obtención de este objetivo.

Entre los métodos de riego utilizados para la aplicación del agua al café se encuentra el riego localizado, el que ha revolucionado el concepto de humedecer el 100% del área cultivada. Los resultados de innumerables investigaciones en diferentes cultivos han demostrado que con humedecer solamente un porcentaje del área vital, se satisface la demanda hídrica del mismo, lo cual se logra con este método (Bandera, 1990³; Cevik, 1998 y Ferreira y Borges, 2003).

Teniendo en cuenta que las áreas cafetaleras se ubican en zonas montañosas y premontañosas, donde no se dispone de abundante mano de obra, de grandes volúmenes de agua y que están caracterizadas por rangos de pendientes entre 10 y 40% (Rey y Cisneros, 1992⁴; Cisneros *et al.*, 2006), donde además el empleo de otras técnicas resultan poco viables, se estima que el método de riego localizado pudiera constituir una solución adecuada, por lo que se precisan investigaciones encaminadas a la búsqueda de una tecnología que sea economizadora de agua y adaptable a estas condiciones, contribuyendo entre otros factores al incremento de los rendimientos y la rentabilidad de las producciones del café.

En las condiciones de Cuba el riego de este cultivo ha sido poco investigado, por lo que aún es insuficiente la información agronómica y técnica con la cual se dispone para el diseño adecuado y la correcta operación de los sistemas de riego localizado superficial, excepto algunas recomendaciones dadas por Morales (1980) y Cisneros *et al.* (2006).

La región de San Andrés se encuentra entre las zonas cafetaleras de Cuba donde se pretende potenciar las producciones de café y para ello se prevé realizar inversiones en sistemas de riego localizado, pero se adolece de la información necesaria para realizar estas inversiones de forma económicamente viable.

MÉTODOS

La investigación se desarrolló en dos fases, una experimental donde se definió el área a humedecer y el intervalo de riego y otra de validación del mejor resultado obtenido en las condiciones de una empresa cafetalera situada en la misma zona de estudio. En ambos análisis económicos permitieron determinar y corroborar la viabilidad económica de la tecnología propuesta.

Los trabajos experimentales se desarrollaron en áreas de la Empresa Forestal Integral (EFI) "La Palma", en el municipio con el mismo nombre de la provincia Pinar del Río, ubicada en las coordenadas conforme LAMBERT Cuba Norte de latitud 22°46' N y longitud 82°52' E, a unos 10 km del poblado de San Andrés, formando parte del grupo montañoso Cordilleras de Guaniguanico. La altura sobre el nivel medio del mar varió entre 150 m y 180 m. La topografía en las áreas de trabajo es regularmente llana con pendientes que van hasta el orden del 1%. El área experimental fue de 1,44 hectáreas y la de validación de 11,4 hectáreas, plantadas de café variedad Caturra rojo de ocho y cinco años de edad respectivamente, con un marco de plantación de 2,0 x 1,5 m para una densidad de 3 333 plantas ha⁻¹, bajo sombra controlada de piñón (*Gliricidia Sepium Sp.*).

La zona se caracteriza por una pluviometría promedio de 1 682,0 mm (media de 24 años, INSMET, 2011⁵) distribuidas el 23,5% en el período poco lluvioso (noviembre - abril) y 76,5% en el período lluvioso (mayo - octubre).

Los valores de evapotranspiración de referencia (E_{to}) utilizados durante la investigación fueron los determinados por Solano *et al.* (2003) para la zona, a partir de la ecuación FAO Penman-Monteith utilizando una corrección a la fórmula, para ajustarla a las condiciones de Cuba.

Para el área el análisis conjunto de las variables precipitación y evapotranspiración de referencia, la Figura 1, permite observar que aunque la zona presenta una alta pluviometría existen meses donde las lluvias no satisfacen la evapotranspiración por lo errático de su distribución, lo que a su vez coincide con la época de riego (noviembre-abril). Esto evidencia la necesidad de aplicar riegos en estos meses, en los cuales se producen dos importantes procesos fisiológicos del cultivo que son la floración y el crecimiento vegetativo.

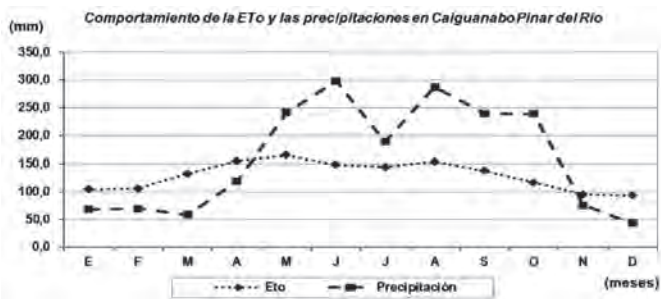


FIGURA 1. Comportamiento de la precipitación y la evapotranspiración de referencia en los años de estudio. (Área experimental).

Los suelos en que se efectuaron la investigación y la validación se clasifican como Ferralítico Cuarácico Amarillo Rojizo Lixiviado según la segunda clasificación genética de los suelos de Cuba, los cuales se corresponde con un Alítico Amarillento de Baja Actividad Arcilloso Típico según Hernández *et al.* (2003), citado por Cid *et al.* (2012), quien a su vez determinó y actualizó las propiedades físicas que caracterizan el perfil del suelo de la zona de estudio, las que se resumen en la Tabla 1.

³ BANDERA, M.: "Determinación del complejo dosis frecuencia en el cultivo del plátano con Riego Localizado". Trabajo presentado en opción al título de ingeniero en Riego y Drenaje, ISCAH, 1990.

⁴ REY, R.; CISNEROS, E.: Agua a aplicar y momento de la aplicación en café, plantaciones establecidas 5 000 plantas /ha Manuscrito, Informe de Etapa, IIRD, Agosto, 1992

⁵ INSTITUTO DE METEOROLOGÍA: Certificado meteorológico no. 3/2011, Dim 030. Meteoservice, 443 p 2011.

TABLA 1. Algunas propiedades físicas del perfil del suelo Ferralítico Cuarcítico Amarillo Rojizo Lixiviado

Prof. (cm)	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	da (g·cm ⁻³)	Cc (cm ³ ·cm ⁻³)
0-20	87,2	6,2	6,6	1,64	0,512
20-40	86,7	6,3	7,0	1,67	0,553
40-60	76,6	13,9	7,5	1,57	0,568

Nota.: da-densidad aparente y Cc-capacidad de campo.

La fuente de abasto de las áreas fue un río. El análisis realizado a las muestras de agua, indica una conductividad eléctrica que oscila entre 0,40 y 0,42 dS m⁻¹, este valor según Moreno et al. (1997)⁶ no representa problema alguno para su uso en la agricultura de regadío.

Las labores agrotécnicas (fertilización, poda, limpieza, atención fitosanitaria) para los tres experimentos y el área de validación se llevaron a cabo según instructivo técnico para el cultivo del Café y Cacao (Minag, 1987)⁷.

En el experimento se utilizó el método de riego localizado superficial con microaspersores del tipo 2 x140°, espaciados a 2,30 m en los tratamientos (T_R 3_{0,5} Lm₁₄₀, T_R 5_{0,5} Lm₁₄₀) con un

lateral cada dos hileras de plantas y microaspersores de 1x180°, espaciados a 2,00 m en los tratamientos (T_R 3Lm₁₈₀, T_R 5Lm₁₈₀) en laterales de PEBD de 25 x 21 mm y dispuestos uno por hilera de plantas. En el área de validación se utilizaron goteros autocompensantes, con caudal de 4 L h⁻¹ a 150 kPa de presión, con un lateral por hilera de plantas, espaciados a 0,40 m en el lateral, humedeciendo el 52 % del área vital del cultivo.

Para conocer la uniformidad con que se reparte el agua en las áreas experimentales se determinó el coeficiente de uniformidad del riego (CU) en condiciones reales de operación, según la metodología propuesta por Merriam y Keller (1978).

Por realizarse en áreas de producción donde es engorroso aplicar diseños experimentales clásicos, se realizó un estudio del suelo en el área de trabajo y se pudo comprobar que el mismo era homogéneo, lo que permitió aplicar el diseño experimental tratamientos únicos con cuatro repeticiones (Flor, 1999)⁸. El área de cálculo fue de 24 m² (6 x 4 m), se tomaron 8 plantas de forma aleatoria por repetición para un total de 32 plantas por tratamientos.

Se analizaron para el estudio cinco tratamientos los que se presentan en la Tabla 2.

TABLA 2. Descripción de los tratamientos experimentales

No.	Ah (%Av)	Ir (días)	Conformacion de la red de riego en los diferentes tratamientos.
1	52	3	1 lateral entre 2 hileras de plantas, microasp. 2 x140°, Se = 2,30 m
2	100	3	1 lateral por cada hilera de plantas, microasp. 1x180°, Se = 2,00 m
3	52	5	1 lateral entre 2 hileras de plantas, microasp. 2x140°, Se = 2,30m
4	100	5	1 lateral por cada hilera de plantas, microasp. 1x180°, Se = 2,00m
5			Testigo sin riego

Nota: Ah-área humedecida, Av- área vital, Ir- intervalo de riego, Se-separación entre emisores

La determinación del área humedecida por los emisores, se obtuvo a partir del levantamiento de los bulbos después de la aplicación de la dosis máxima de riego, para ello se utilizó el método gravimétrico, muestreando en superficie hasta 1,50 m separación entre emisores, con una equidistancia de 0,25 m y en profundidad hasta los 0,60 m con equidistancia de 0,10 m, el estudio se realizó a las 24 h de haber aplicado el riego para conocer el frente de avance humedecimiento hasta la profundidad de muestreo.

El radio del bulbo húmedo se midió a partir del levantamiento de los mismos después de aplicar la dosis máxima. Posteriormente se determinó el radio mojado (Rm) a la profundidad de 0,30 m, según Keller y Karmelli, (1974) con el que se determinó el área humedecida (Ah).

El coeficiente de localización (KL) se determinó a partir de la medición en 15 plantas al azar por tratamientos. El radio de proyección de la copa o área sombreada cuando el sol se encontraba en el cenit. Los valores de Kc utilizados fueron los reportados por Cisneros et al. (2015), determinados en la misma region.

Para la satisfacción de las necesidades de riego, se tuvo en cuenta los diferentes intervalos fijados en cada tratamiento y

las dosis fueron variables en función del Kc obtenido para cada fase. La ETo fue la promedio de la semana anterior y el tiempo de riego se determinó según la expresión dada por Puig (1997)⁹:

$$Tr = \frac{Kc \times ETo \times Amp \times Kl \times I}{CU \times Ea \times qi} \quad (1)$$

donde: **Tr** - tiempo de riego a aplicar en cada tratamiento (horas); **Kc** - coeficiente único de cultivo; **ETo** - evapotranspiración de referencia (mm·día⁻¹); **Amp** - área del marco de plantación (m²); **KL** - coeficiente de localización; **I** - intervalo de riego (días); **CU** - coeficiente de uniformidad (tanto por uno) determinado en condiciones reales de operación, **Ea** - eficiencia de aplicación (tanto por uno). Se consideró de 0,95 según Rodrigo (1997); y **qi** - gasto instalado (L h⁻¹ por planta).

El limite inferior de humedad (LIHD) utilizado para el riego fue el del 85% LSAD, reportado por Cisneros et al. (2015).

Se determinó el rendimiento del cultivo en t ha⁻¹ de café ce-reza, por tratamientos y año experimental. Los datos originales de rendimiento y sus componentes fueron sometidos a pruebas de normalidad de Shapiro-Wilks y de homogeneidad de varianza

⁶ MORENO, J.C.; PÉREZ, M.D; MORAL, R.M.: Análisis y calidad del agua de riego, Servicio de Publicaciones, Universidad Técnica de Valencia, España, 1997.

⁷ MINAG: Instrucciones Técnicas para el cultivo del Café y Cacao, febrero, 208pp., Dirección nacional de Café y Cacao, Minag, La Habana, Cuba, 1987.

⁸ FLOR, A.C.: Curso sobre metodología de investigación, Convenio Colciencias: CIAT, Colombia,1999.

⁹ PUIG, E. O.: Respuesta del papayo “Marandol” al riego por goteo en los suelos Ferralíticos Rojos, 28pp., Tesis en opción al título de Master, IIRD, La Habana, Cuba, 1997.

de Barlett. En caso de heterogeneidad se hizo la transformación de los datos originales para realizar el análisis de varianza al 5% de probabilidad y la diferencia entre medias se comprobó con la Dócima de Tukey a un nivel de confianza del 95%.

La duración promedio de las fases fenológicas, fueron establecidas bajo las condiciones de estudio, según la observación y la experiencia de técnicos y especialistas del cultivo en la zona, también fue consultada la Escala BBCH ampliada para la descripción de las fases fenológicas del cafeto (Arcila-Pulgarín et al., 2001).

Análisis económico de los resultados experimentales

Para el análisis económico de los resultados se consideraron las producciones en café cereza, partiendo del criterio que las mismas son comercializadas por el productor con la despulpadora, por lo que no interviene en el producto final. Por otra parte, lo que se pretende conocer es si es rentable el riego del cafeto a nivel de finca.

Para evaluar económicamente la mejor variante, se realizó un análisis utilizando como principal indicador la relación beneficio costo (B/C) según Muñoz (2007). De la misma forma fueron calculados y evaluados la rentabilidad financiera (RF) y el rendimiento de la inversión (RI), ambos a partir de las utilidades netas obtenidas después de impuestos (UNDI), según las relaciones siguientes:

$$UNDI = (Bb - CR) - ((Bb - CR) \cdot Iu) \quad (2)$$

$$B/C = \frac{Bb}{CR} \quad (3)$$

$$RF = \frac{UNDI}{Inv} \quad (4)$$

$$RI = \frac{UNDI}{(Inv + CR)} \quad (5)$$

donde: **Bb** - Beneficio bruto marginal (peso ha⁻¹) = Rendimiento agrícola marginal (t ha⁻¹) x precio unitario del café (peso/latas), según su calidad; **CR** - Costo por riego (peso ha⁻¹) = Sumatoria de todos los gastos y costos, directos e inducidos (variables y fijos) por el riego; **Iu** - Impuestos sobre utilidades (tanto por uno); **Inv** - Inversión inicial (peso ha⁻¹) =

Sumatoria de todos los costos en que se incurrieron (tangibles e intangibles) durante la fase de pre ejecución de la inversión.

Para la determinación de los importes obtenidos por la contabilidad y las partidas diferenciales durante la fase experimental, se utilizaron las siguientes fuentes:

Impuesto sobre utilidades: 17,5% (Según Ley 113 del Sistema Tributario. Decreto No 308 de las normas y procedimientos tributarios del 31/10/2012).

El precio unitario del café (Resolución No. 298/2012 del Ministerio de Finanzas y Precios del 31/08/2012), que según su calidad fue el siguiente: Primera calidad 50 peso/lata, Segunda calidad 40 peso/lata y Fuera de norma 21 peso/lata.

Costos incurridos durante la fase de pre ejecución de la inversión y costos totales de explotación (según sistema de contabilidad de la finca experimental).

La mejor variante en la fase experimental fue implementada en condiciones de producción para su análisis económico y así poder validar la viabilidad de la misma para las condiciones de estudio. Para el análisis económico en estas condiciones fue utilizado como único indicador la relación beneficio-costo (B/C) descrito con anterioridad, utilizando gastos y beneficios totales de cinco años de producción (2006-2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del riego y su influencia en los rendimientos

En la Tabla 3, se presentan los resultados promedio de los cuatro años que duró el experimento en cuanto a los componentes de la programación del riego y los rendimientos agrícolas obtenidos. En la misma se puede apreciar que el tratamiento que mejores resultados alcanzó fue el 3 (52% Av + IR= 3 días) con 58 riegos, (dosis parcial de 17,15 L planta⁻¹ día⁻¹), dosis total neta de 994,7 mm y rendimiento de 24,46 t ha⁻¹ de café cereza, el cual aunque no tuvo diferencias significativas y solo superó en un 1.4% a la variante 4, sí por el hecho de tener una separación entre emisores y laterales mayor, influye de forma acentuada en los costo de inversión del sistema. En la tabla se destaca el efecto de la frecuencia de riego, la que contrariamente a lo esperado, resultó ser más efectiva cuando fue inferior (cada 5 días, en los tratamientos 3 y 4).

TABLA 3. Resumen promedio de los cuatro años de investigación, en cuanto a cantidad de riegos, dosis parciales y totales netas y rendimientos estimados

Tratamientos	Cantidad de riegos	Dosis parcial neta (mm)	Dosis total neta (mm)	Rend. café cereza (t ha ⁻¹)	Incremento %
1	75	11,67	875,25	21.13 c	42.7
2	75	11,67	875,25	22.93 b	54.9
3	58	17,15	994,7	24.46 a	65.7
4	58	17,15	994,7	24.33 a	64.3
5	TSR			14.80 d	0

Signif. ***
ES ± 0,093

Media con letras distintas, difieren significativamente según prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

Análisis económico de los tratamientos experimentales

En la Tabla 4 se presentan los datos de inversión inicial, los costos y beneficios obtenidos en los tratamientos experimentales de riego así como sus componentes, todos relacionados con el tratamiento sin riego, en la misma se puede observar que fue el tratamiento

3 el mejor tratamiento desde el punto de vista económico, el cual logro con una menor inversión inicial respecto al 2 y 4 y costos operativos ligeramente superiores, mayores ingresos brutos. Esto trajo como resultado que fuera en este tratamiento donde se obtuvieran las mayores UNDI (Tabla 5), con valores que superaron en 1,01 veces, al tratamiento 4 que fue regados cada 5 días pero

en un 100% del área vital. Esta misma tendencia mostraron los indicadores de rentabilidad al obtener los mayores valores entre los tratamientos investigados, lo que indica la conveniencia de tener en cuenta la ligera tolerancia del cafeto al déficit hídrico, el régimen pluviométrico de la zona, así como el diseño de la red de riego, cuando se va a definir la tecnología a utilizar para regar el mismo.

TABLA 5. Resultados económicos por tratamientos en el área experimental

Trat.	Inversión inicial	Costos totales		Ingresos brutos		UNDI	B/C	RF	RI
		Valores en (peso ha ⁻¹)							
1	2 081,9	23 152,6	61 162,5	31 375,5	2,64	15,06	1,24		
2	3 443,1	24 399,6	78 682,1	44 772,0	3,22	13,00	1,61		
3	2 081,9	25 473,7	106 859,7	67 377,7	4,19	32,36	2,45		
4	3 443,1	25 382,4	105 505,0	66 216,0	4,16	19,23	2,30		

Resultados de la variante propuesta en la etapa de validación

En la Tabla 6, se presentan los datos del total de latas cosechadas y el rendimiento obtenido en el área de validación de la variante propuesta (52% Av + IR= 3 días) en t ha⁻¹ de café cereza durante cinco cosechas.

En esa área, antes de instalar el sistema de riego el promedio de cinco cosechas anteriores fue de 1 200 latas ha⁻¹ de café cereza, lo cual fue superado a partir de la implementación de la tecnología propuesta, alcanzando un promedio de 2 223 latas durante los cinco años de evaluación.

TABLA 4. Inversión, Costos e Ingresos obtenidos por tratamiento

Partidas	Sin riego	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		Tratamiento 4	
		Con riego	Diferencia *	Con riego	Diferencia *	Con riego	Diferencia *	Con riego	Diferencia *
Ingresos totales por ventas	142307,7	203470,2	61162,5	220989,8	78686,1	249167,4	106859,7	247812,7	105505,0
Costos totales	12825,4	35978,1	23152,6	37225,0	24399,6	38299,1	25473,7	38207,8	25382,4
Costos fijos	1812,3	9030,6	7218,3	9030,6	7218,3	9030,6	7218,3	9030,6	7218,3
Seguro	1048,7	1165,2	116,5	1165,2	116,5	1165,2	116,5	1165,2	116,5
Salario de Guardianes	0,0	6720,0	6720,0	6720,0	6720,0	6720,0	6720,0	6720,0	6720,0
Administración y su personal	763,6	763,6	0,0	763,6	0,0	763,6	0,0	763,6	0,0
Salario de jefe de riego	0,0	381,8	381,8	381,8	381,8	381,8	381,8	381,8	381,8
Costos variables	10761,1	26695,5	15934,3	27942,4	17181,3	29016,5	18255,4	28925,2	18164,1
De bombeo (Diesel)	0,0	2416,0	2416,0	2416,0	2416,0	2416,0	2416,0	2416,0	2416,0
Por agua	0,0	5669,2	5669,2	5669,2	5669,2	5669,2	5669,2	5669,2	5669,2
Mantenimiento del sistema	0,0	372,4	372,4	372,4	372,4	372,4	372,4	372,4	372,4
Salario de regadores	0,0	2754,2	2754,2	2754,2	2754,2	2754,2	2754,2	2754,2	2754,2
Fertilizantes	295,6	58,6	-237,0	58,6	-237,0	58,6	-237,0	58,6	-237,0
Herbicidas	26,3	44,3	18,1	44,3	18,1	44,3	18,1	44,3	18,1
Cosecha	10128,8	14482,0	4353,3	15729,0	5600,2	16803,1	6674,3	16711,8	6583,0
Agrotecnia (salarios)	310,5	526,2	215,8	526,2	215,8	526,2	215,8	526,2	215,8
Partes y piezas de repuesto	0,0	372,4	372,4	372,4	372,4	372,4	372,4	372,4	372,4
Costos indirectos	252,0	252,0	0,0	252,0	0,0	252,0	0,0	252,0	0,0
Depreciación	0,0	208,1	208,1	344,3	344,3	208,1	208,1	344,3	344,3
Utilidades antes de impuesto (UNAI)	129482,3	167128,5	37646,2	183401,1	53922,9	210504,7	81022,4	209241,3	79759,0
Impuestos por UNAI	7161,1	10421,8	3260,7	32095,2	9436,5	10421,8	3260,7	10421,8	3260,7
Utilidades netas después de impuesto (UNDI)	122321,2	156706,7	31375,5	151305,9	44772,0	200082,9	67377,7	198819,5	66216,0
Inversión fija (Sistema de riego)	0,0	2081,9	2081,9	3443,1	3443,1	2081,9	2081,9	3443,1	3443,1

* Con relación al tratamiento Sin Riego. Nota: Sólo se presentan las partidas contabilizadas que tuvieron diferencias.

TABLA 6. Producción alcanzada en el área de validación

Cosechas	Latas cosechadas (café cereza)	Rendimiento café cereza (t ha ⁻¹)	Incremento (%)
2005/06	1 700	12,8	62,6
2006/07	2 500	18,8	138,0
2007/08	2 256	17,0	116,0
2008/09	2 500	18,8	138,0
2009/10	2 159	16,3	107,1
Promedio	2 223	16,74	

Nota: El incremento es con respecto al promedio en áreas aledañas sin riego (7,87 t ha⁻¹).

Al comparar los rendimientos alcanzados con los de áreas aledañas a la de validación, donde se logra como promedio 7,87 t ha⁻¹, se aprecia que con la aplicación de la tecnología propuesta, unido a una correcta agrotécnica y la aplicación de la fertirrigación, se logró incrementar los rendimientos como promedio con respecto al testigo en 8,87 t ha⁻¹.

En la Tabla 7, donde se presentan los resultados económicos obtenidos, se puede observar que durante los cinco años de seguimiento al desempeño de la plantación, la misma mostró incrementos en los rendimientos, que produjeron ingresos superiores a los gastos con valores que oscilaron en los tres últimos años entre los 40 755,67- 44 264,24 peso-ha⁻¹.

TABLA 7. Resultados económicos obtenidos con la tecnología de riego localizado superficial propuesta en áreas de la Empresa Forestal Integral “La Palma”

Año	2006	2007	2008	2009	2010
Gastos (peso ha ⁻¹)	14 743,32	16 668,11	16 115,63	16 991,89	16 997,47
Ingresos (peso ha ⁻¹)	28 422,05	41 850,29	40 755,67	44 264,24	42 493,67

Como resultado de estos gastos e ingresos, se observa en la Figura 2, que los valores de beneficio/costo oscilaron entre 1,93-2,61, los cuales se consideran altos y con una aceptable estabilidad, teniendo en cuenta la alternancia productiva del café y las irregularidades que generalmente existen en los sistemas productivos agrícolas.

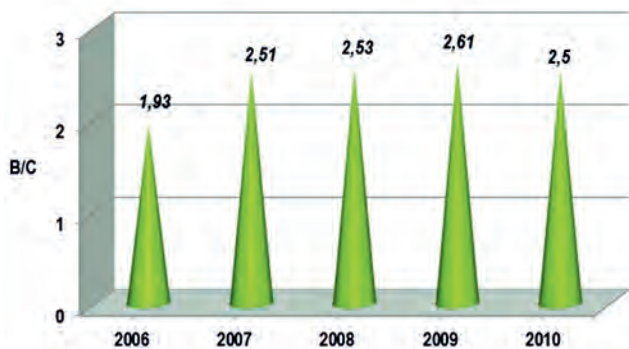


FIGURA 2. Comportamiento de la relación beneficio/costo durante los años de seguimiento.

Los resultados indican la conveniencia de utilizar la tecnología de riego localizado superficial para el riego del

café en la región de estudio, lo cual coincide con lo obtenido por Silva et al. (2003) quien en la región de Larvas Brasil, obtuvo los mejores beneficios económicos cuando mantuvo un programa de riego basado en la satisfacción de 100% de la evaporación del tanque evaporímetro clase “A” con la técnica de riego por goteo.

CONCLUSIONES

- En la región de estudio, humedecer el 52% del área vital del café, regando cada cinco días hasta la profundidad de 0,40 m con riego localizado superficial, garantiza el buen desarrollo y productividad del cultivo, con una adecuada rentabilidad financiera, rendimiento de la inversión y relación beneficio–costo, las que en condiciones de producción, puede alcanzar valores de B/C que oscilan de forma sostenida entre 1,93 y 2,61.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCILA-PULGARÍN, J.; BUHR L.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; WICKE, H.: “Aplicación de la “Escala BBCH ampliada” para la descripción de las fases fenológicas del desarrollo de la planta de café (*Coffea sp.*)”, *Cenicafé, Chinchiná–Caldas–Colombia*, ISSN: 0120-047, Boletín Técnico No 23. 2001

CEVIK, B.: *Comparison of drip and basin irrigations systems in banana orchards on the southern coast of turkey*, *ISHS Acta Horticultura 228: IV International Symposium on Water Supply and Irrigation in the Open and Protected Cultivation [en línea] 1998*, Disponible en: <http://www.actahort.org/books/228/> [Consulta: mayo de 2013].

CID, G., T. LÓPEZ, F. GONZÁLEZ, J. HERRERA, M.E. RUÍZ: “Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba”, *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 2(2): 25-31, 2012.

CISNEROS, E.; R. REY; E. ZAMORA; F. GONZÁLEZ: “Influencia del manejo del riego en el rendimiento del café”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 15(2): 42-46, 2006.

CISNEROS, E.; R. REY; R. MARTÍNEZ; T. LÓPEZ; F. GONZÁLES; P. REVOL; C. DIAZ: “Evapotranspiración y coeficientes de cultivo del café en la provincia de Pinar del Río”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 24(2): 23-30. 2015.

DA MATTA, F.; RONCHI, P.; MAESTRI, M.; BARROS, R.: “Ecophysiology of coffee growth and production”. *Plant Physiology*, ISSN: 0032-0889, 19(4): 485-510 2008.

- FERREIRA, E. & A.L. BORGES: *Optimização do volume molhado de solo sob microaspersão e extração de água pelo sistema radicular da bananeira*, Relatório ejecutivo de acompanhamento. PPA 3666–Inovação Tecnológica para a Fruticultura Irrigada no Semi-Árido Nordeste, ISSN: 85-7383-084-0, Brasil, 2003.
- KELLER, J. & KARMELI, D.: *Trickle Irrigation Design, 182pp., Rainbird Sprinkler Manufacturing Corporation, Glendora, California, 1974, Environment Department, FAO Corporate Document Repository. [en línea] 1974, Disponible en: <http://www.fao.org> [Consulta: 23 noviembre 2013].*
- MERRIAM, J.L. & KELLER, J.: *Farm irrigation system evaluation: a guide for management*, Third Edition, ISBN: 978-3-642-78564-1, Utah State University, Logan, Utah, USA, 1978.
- MORALES, D.: “Régimen de riego óptimo para cafetos en sus dos primeros años”. *Cultivos Tropicales*, ISSN: 0258-5936, 2(1): 77-83, 1980.
- MUÑOZ, C.: “Comparación económica de dos sistemas de producción de plátano en la zona norte de Costa Rica”. *Tecnología en Marcha*, ISSN: 0379-3962, 20(3): 35–45, 2007.
- REY, G. R.: “Determinación del área foliar en el cultivo del café”. *Revista Agrotecnía de Cuba*, ISSN: 0568-3114, 3(1): 12-18, 1987.
- RODRIGO, J.: *Evaluación de instalaciones de riego localizado*, pp. 75-98, Ciclos de seminarios. V Curso Internacional de Riego Localizado, ISBN: 84-7114-626-6, Centro de Investigación y Tecnología Agrarias, Tenerife, España, 1997.
- SILVA, A.L.; FARIA, M.A.; REIS, R.P.: “Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do café”, Campina Grande, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, ISSN: 0100-6916, 7(1): 34-74. 2003.
- SOLANO, O., MENÉNDEZ, C., VÁZQUEZ, R. y MENÉNDEZ, J. A.: “Estudio de la evapotranspiración de referencia en Cuba”. Instituto de Meteorología, *Revista Cubana de Meteorología*, ISSN: 0864 -151X, 10(1): 33-38, 2003.

Recibido: 18/02/2015.

Aprobado: 14/03/2016

Publicado: 19/04/2016

Roberto Martínez Varona, Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2 ½, Rpto. Abel Santamaria, Boyeros, La Habana, Cuba. Tel: (53) (07) 691-2533; 691-2665, Correo electrónico: dptoambiente2@iagric.cu
Enrique Cisneros Zayas, Correo electrónico: dptoriegol@iagric.cu



CENTRO DE MECANIZACIÓN AGROPECUARIA

LABORATORIO DE OLEOHIDRÁULICA

SERVICIOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS



- Descontaminación de aceites oleohidráulicos
- Fabricación de equipos portátiles de filtraje de aceites
- Recuperación (emboquillado) y fabricación de mangueras
- Diagnóstico y evaluación de circuitos oleohidráulicos y sus componentes
- Cursos y entrenamientos de posgrado

Solicitudes de ofertas a:
Dr.C. Ernesto Ramos Carbajal
Centro de Mecanización Agropecuaria
Autopista Nacional y Carretera de Tapaste. km 23, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Apdo. 18-19
Tel.: (53)(47) 864346
E_mail: carbajales@unah.edu.cu