

TECNOLOGÍA DE RIEGO LOCALIZADO PARA EL CAFETO EN LA REGIÓN DE SAN ANDRÉS, CUBA.

Autores: E Cisneros, R Martínez, T López, R Rey, F González.

En Cuba ha disminuido significativamente el rendimiento promedio nacional en las últimas décadas, debido a la combinación de factores edafoclimáticos, sociales, tecnológicos y económicos. El Grupo Agroforestal del Ministerio de la Agricultura de la República de Cuba identificó entre otros, como factores críticos de los deprimidos rendimientos, la poca introducción de los resultados de la ciencia y la técnica unidos a la ausencia de política para la mitigación de los efectos del cambio climático en el sector cafetalero. Para contrarrestar estos factores propone dentro de sus objetivos y acciones estratégicas: *diseñar e implementar la estrategia nacional de riego como medida para mitigar la sequía*, como parte de la tecnología integral del cafeto.

En las condiciones de Cuba el riego del cafeto 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. Es por ello que la investigación desarrollada tuvo como objetivo definir una tecnología de riego localizado superficial apropiada para el riego del cafeto en las condiciones edafoclimáticas de la región de San Andrés, Cuba, a partir de su influencia en los rendimientos, la calidad de las producciones y la viabilidad económica.

Los trabajos experimentales se desarrollaron en áreas de la Empresa Forestal Integral, "La Palma", localidad de San Andrés, provincia Pinar del Río, Cuba. Ubicada en las coordenadas LAMBERT Cuba Norte de latitud $22^{\circ}46' N$ y longitud $82^{\circ}52' E$, a una altura sobre el nivel medio del mar de 180 m. Plantada de cafeto (*Coffea arabica* L.) var. Caturra rojo con 12 años de edad con un marco de 2×1 m para una densidad de 5000 plantas /ha, en un suelo Alftico Amarillento de Baja Actividad Arcillosa Típico según Hernández *et al.* (2003, citado por Cid, 2012). La fuente de agua según Moreno *et al.* (1997) no representa problema alguno para su uso en la agricultura de regadío.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con seis (6) tratamientos y (4) cuatro repeticiones. Los tratamientos (Trat) consistieron en:

| Trat | Manejo del riego |
|--------------------|--|
| T _R Ta | Riego todo el año a 85% del Limite Superior de Agua disponible en el suelo (LSAD). |
| T _S D | Riego al 85% (LSAD) con suspensión en diciembre. |
| T _S D-E | Riego al 85% (LSAD) con suspensión en diciembre y enero. |
| T _S D-F | Riego al 85% (LSAD) con suspensión en diciembre, enero y febrero. |
| T _S D-M | Riego al 85% (LSAD) con suspensión en diciembre, enero, febrero y marzo. |
| TSR | Sin riego. |

Fueron estudiados además, diferentes emplazamientos de la red hidráulica de campo y volúmenes de suelo humedecido, el momento de riego se definió por el método gravimétrico y con la ayuda de tensiómetros colocados a la profundidad de 0,40m, el tratamiento control fue T_R Ta. Para la determinación de la evapotranspiración de cultivo (*ETc*) y del coeficiente de cultivo único (*Kc*) del sistema cafeto-arbolado se cuantificaron los balances hídricos por el método de Balance de Masas y los métodos de cálculo que presenta López (2002). Se empleó la relación entre la disminución relativa del rendimiento ($1-R/R_{max}$) y el déficit relativo de evapotranspiración ($1-ET/ET_{max}$) como función agua-rendimiento (Stewart *et al.*, 1977; Dooroembos y Kassam, 1986). Para el cálculo de la productividad agronómica del agua se utilizó la expresión propuesta por Molden *et al.*, (2003). El coeficiente de localización (*KL*) se determinó a partir de la medición en 15 plantas al azar por tratamientos y con la ayuda de expresión Decroix (1991, citado por Pizarro, 1996). Para evaluar económicamente la mejor variante, se realizó un análisis utilizando como principal indicador la relación beneficio-costo (B/C) según Muñoz (2007).

RESULTADOS

Comportamiento de la reserva de humedad en el suelo durante la etapa experimental

Durante los años de investigación el rango de tensiones correspondiente al manejo del riego óptimo (T_R Ta), se mantuvo entre 16 kPa y 48 kPa, este rango de tensiones esta en correspondencia con lo informado por otros investigadores por lo que el cultivo se desarrollo sin restricciones de agua.

Coeficiente de cultivo único del sistema cafeto-arbolado (*Kc*)

El coeficiente del cultivo único, es utilizado para estudios de planificación y para el diseño de sistemas de riego donde sea prudente considerar los efectos del humedecimiento del suelo. El valor obtenido de *Kc* global en este trabajo es de 0,86 para riego por goteo.

Función agua-rendimiento

Del estudio se tiene, que todos los modelos son lineales siendo capaces de explicar en más del 70% la variabilidad total del rendimiento del café representado en la misma. En todos los casos, el análisis de varianza mostró que los coeficientes de regresión y el modelo resultaron significativos ($p < 0,01$) y se comprobó gráficamente para cada modelo el comportamiento aleatorio de los residuos.

Productividad del agua consumida (WP_{ET}) y utilizada por riego (WP_I)

En el análisis de la distribución de frecuencias de los valores de *WP_{ET}* para el café oro, los resultados obtenidos indican que por cada metro cúbico de agua consumida se produce como promedio 0, 29 kg café oro. El valor máximo de *WP_{ET}* fue de $0,47 \text{ kg m}^{-3}$ para un consumo de $5\ 399 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. La distribución de frecuencias de los valores de *WP_I* para el cafeto a partir de los datos experimentales del rendimiento (café oro), se encontró que el intervalo varió entre $0,32-1,05 \text{ kg m}^{-3}$ por lo que se puede estimar que por cada metro cúbico de agua aplicada el cafeto produce como promedio 0,57 kg de café oro.

Influencia del manejo de riego en el rendimiento del cafeto y calidad de las producciones

En la investigación como promedio se efectuaron 21 riegos con normas parcial neta de $352,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y norma total neta de $7386,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, en el tratamiento (T_R Ta), produciendo como promedio $2,69 \text{ t ha}^{-1}$ de café oro para un incremento de 28,5% con respecto al sin riego. Los años también difirieron entre sí obteniéndose los mejores resultados

en el segundo año, seguido de cuarto, primero y tercero respectivamente. Mostrando las características de la alternancia en los rendimientos del cultivo del café.

Un indicador de la calidad de las cosechas son los granos vanos y las imperfecciones, mientras menor sea el por ciento de granos vanos e imperfecciones mejor será la calidad de las producciones. Para el caso de estudio el menor por ciento de granos vanos e imperfecciones se tiene en el tratamiento ($T_R Ta$), regando todo el año con un nivel de humedad en el suelo alto.

Determinación del porcentaje de área humedecida

Al estudiar el desarrollo del bulbo húmedo a las 24 horas de cesar el riego, se pudo apreciar claramente su conformación donde la humedad volumétrica en el suelo es alta, alcanzándose valores a la profundidad de humedecimiento (0,40 m) entre 0,399 y 0,390 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, que representa el 93% del valor máximo de retención de agua teniendo en cuenta que para este tipo de suelo el LSAD es de 0,420 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ como promedio hasta la profundidad de estudio. Al determinar que por ciento del área vital del café se humedece, se pudo conocer que es el 52% del área.

Coefficientes de localización (KL)

Después de haber realizado las mediciones y aplicado la fórmula que propone Decroix, se obtuvo para el caso de plantaciones establecidas un KL de 0,67.

Análisis económico de los tratamientos experimentales

Como resultado se define que el mejor tratamiento es ($T_R Ta$), confirmado al analizar los indicadores B/C , el que varió entre 1,93 y 2,61; lo cual indica desde el punto de vista económico, la conveniencia de regar el café entre 16 y 48 kPa de tensión de la humedad del suelo durante todo el año, solo suspendiendo el riego durante la fase de inducción floral.

Conclusiones – 1-Regar el café con sistemas de riego localizado superficial, humedeciendo el 52% del área vital del cultivo, cada cinco días y hasta la profundidad de 0,40 m, garantiza el buen desarrollo del cultivo y una adecuada respuesta productiva. 2-Para lograr producciones elevadas y de calidad en el café, regar todo el año al 85% del Límite Superior de Agua Disponible en el suelo, o en valores de tensión entre 16-48 kPa. 3- Considerar para la planificación y el diseño un coeficiente de cultivo único global de 0,86. 4-Las diferentes expresiones de la función agua-rendimiento del café en las condiciones e intervalos estudiados se ajustaron al modelo lineal, con un factor de sensibilidad al déficit hídrico (K_y) de 0,52. 5-Para el diseño de los sistemas de riego localizado y la programación del riego en condiciones similares a las de estudio se define un coeficiente de localización de 0,67. 6-En condiciones de producción, se demuestra la factibilidad de la tecnología de riego localizado superficial propuesta para el riego del café al obtenerse de forma sostenida relaciones beneficio–costo que variaron entre 1,93 y 2,61.