

Fitotecnia

Efectividad del riego por mecha en el crecimiento y desarrollo del cacao en fase de propagación¹

Pedro Ochoa-Mena* y Manuel Peña-Casadevall**

Resumen

Evaluar la efectividad agronómica del riego por mecha como nueva técnica en la propagación del cacao ha sido el objetivo del presente trabajo desarrollado por la Estación Experimental Agroforestal Baracoa. Bajo un diseño experimental en bloques al azar, el experimento se desarrolló en dos métodos de propagación: por semillas y microinjertación, compuesto por cuatro tratamientos con tres réplicas y cinco repeticiones. Los tratamientos T1, T2 y T3 responden al riego por mecha, mientras el T4 al testigo a través de la aplicación de la microaspersión aérea. Las variables agronómicas evaluadas fueron diámetro del tallo, altura de la planta, número y longitud de las hojas, porcentaje de masa seca, desarrollo del sistema radicular y área foliar. Los resultados, procesados mediante ANOVA simple a través del paquete estadístico Statgraphics Plus v. 5.1, muestran diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, manifestados en mayor medida en las posturas sometidas al riego por mecha. Desde el punto de vista hidráulico se aprecia ahorro del 96 % del agua, eficiencia de aplicación y coeficiente de uniformidad cercanos al 100 %, además de lograr plena capacidad de campo en el sustrato.

Palabras clave: microinjerto, técnica de riego, propagación, capilaridad, succión.

Abstract

To evaluate the agronomic effectiveness of the watering for wick as new technique in the propagation of the cocoa, it has been the objective of the present work developed by the Estación Experimental Agroforestal Baracoa. Under an experimental design in Blocks the experiment was developed at random, in two propagation methods: for seeds and micro grafting, composed by 4 treatments with 3 replicas and 5 repetitions. The treatments T1, T2 and T3 respond to the watering for wick; while the T4 to the witness, through the application of the air micro sprinkling. The evaluated agronomic variables were: diameter of the shaft, height of the plant, number and longitude of the leaves, percentage of dry mass, develop of the root system and area to foliate. The results, processed by means of simple ANOVA through the statistical package Statgraphics Plus v. 5.1, they show significant statistical differences among treatments, manifested in more measure in the subjected postures to the watering for wick. From the hydraulic point of view it is appreciated saving of 96 % of the water, application efficiency and near coefficient of uniformity to 100 %, besides achieving full field capacity in the substratum.

Key words: micro grafting, watering technique, propagation, capillarity, suction.

¹ Recibido: 19-1-2013

Aprobado: 27-3-2014

* Estación Experimental Agroforestal Baracoa.

**Centro de Estudios Hidrotécnicos, Universidad de Ciego de Ávila. kacho.gtm@infomed.sld.cu

Introducción

Resulta importante desarrollar sistemas de riego de alta eficiencia, sencillo, económico y de bajo consumo de energía que permitan aprovechar mejor el agua disponible, algo similar a lo expuesto por Panda, Behera y Kashyap (2004), quienes refieren que la aplicación del agua como riego en zonas con escasez requiere de enfoques innovadores y sostenibles.

La economía del agua se ve afectada por dos causas esenciales, las altas necesidades de riego y la creciente demanda de la población. La agricultura debe potenciar a quienes usan el agua para regar sus cultivos, planificando y desarrollando políticas capaces de ahorrar el agua de riego; los problemas locales y aspectos socioeconómicos referidos al agua de riego deben ser enfocados por los futuros trabajos de investigación (Araus, 2004).

Probablemente la producción de los cultivos plantados en zonas tropicales sea restringida por la provisión de agua, y esta afecta la eficiencia del uso del agua y por ende detiene o disminuye la actividad de las raíces y de las hojas en los cultivos (Stape *et al.*, 2004).

Dentro de los cultivos plantados en zonas tropicales se encuentra el cacao, árbol cuyo fruto es la materia prima para la obtención del chocolate. En él existen dos métodos de propagación: la sexual y la asexual (Márquez y Aguirre, 2006). En la práctica, para Menéndez y col. (2000) se prefiere el método asexual por presentar numerosas ventajas respecto al otro método, pues a través del mismo no se producen cambios en la constitución genética del nuevo individuo, además de representar to-

das las características desde el punto de vista genético de la planta madre.

El interés del país respecto al cultivo del cacao como renglón exportable y fuente de alimento, por aumentar, renovar y rehabilitar las plantaciones cacaoteras evidenciado en el Programa Nacional de Desarrollo del Cacao y la imperiosa necesidad del empleo de sistemas de riego en el cultivo, sobre la base de la nueva dinámica climática a la que nos estamos enfrentando, condujeron a la realización de este trabajo con el objetivo de evaluar la efectividad agronómica de la técnica de riego por mecha como alternativa sostenible en la propagación del cacao bajo condiciones de sequía agrícola.

Materiales y métodos

El estudio se realizó teniendo en cuenta dos de los métodos empleados para la propagación del cacao: microinjerto y por semillas. Para el primer método se usó el cultivar UF-613 como patrón y yemas provenientes del cultivar UF-650. Para el segundo método se emplearon semillas del cultivar UF-613.

El experimento, concebido bajo condiciones semi-protegidas, se diseñó en bloques al azar, y estuvo compuesto por cuatro tratamientos (*Tabla 1*) con tres réplicas y cinco repeticiones. Los tratamientos T1, T2 y T3 responden al riego por mecha, mientras el T4 correspondió al testigo, al que se le aplicó riego superficial a través de la microaspersión aérea. El período de estancia de las posturas en vivero fue de 107 días (cada repetición).

Tabla 1. Características de los tratamientos para ambos métodos de propagación

<i>Tratamiento</i>	<i>Estado</i>	<i>Descripción</i>
T1	Riego subsuperficial	Mecha de tela (poliéster 100 %)
T2	Riego subsuperficial	Mecha de tela (poliéster 65 % + algodón 35 %)
T3	Riego subsuperficial	Mecha del mesocarpio de coco.
T4	Riego superficial	Microaspersión aérea (testigo)

Las mechas de riego fueron ubicadas en el interior de las bolsas de polietileno (12 cm x 22 cm), y su extremo superior alcanzó la tercera parte de su altura. Las mis-

mas presentaron las dimensiones siguientes: 0,30 m de longitud, 0,02 m de ancho y 0,001 m de espesor (para el caso de las de tela), mientras que para las mechas de

coco el espesor fue de 0,004 m. Para estos tratamientos se construyó un microembalse con iguales dimensiones superficiales al cantero donde se ubicaron las posturas (largo = 3,70 m, ancho = 0,80 m y profundidad = 0,05 m) con capacidad para almacenar 0,185 m³ de agua.

Para la ejecución del microembalse se realizó una excavación en el terreno donde se ubicaron finalmente las posturas; luego se colocó un tramo de manta de nailon de polietileno para impermeabilizar el suelo excavado; más tarde se llenó de agua y por último se colocaron tablas de madera semidura (largo = 1,00 m, ancho = 0,05 m y espesor = 0,02 m) equidistantes a 0,05 m, cuya función fue la de servir de soporte a las bolsas.

Para efectuar el riego en el T4 se emplearon microaspersores con gasto de 41 L/h, con frecuencia de aplicación en días alternos.

Las variables agronómicas evaluadas fueron diámetro del tallo (cm), altura de la planta (cm), número (u) y longitud de las hojas (cm), masa seca (%), desarrollo del sistema radicular (g), área foliar (cm²).

Diámetro del tallo: Las mediciones se efectuaron a 1 cm de la superficie del sustrato.

Altura de la planta: Las mediciones se realizaron desde la superficie de los bolsos hasta el ápice de cada planta.

Número de hojas: Se contabilizaron las hojas de cada planta.

Longitud de las hojas: Las hojas se medirán desde el pedúnculo hasta el ápice.

Porcentaje de masa seca: Se determinó peso húmedo y seco de todas las partes de la planta. Para calcular el porcentaje de materia seca de la planta completa se utilizó la ecuación siguiente:

donde:

$$Msec. = \frac{Ps}{Ph} \times 100 \quad [1]$$

Msec.: Masa seca (%)

Ps: Peso seco (g)

Ph: Peso húmedo (g)

Desarrollo del sistema radicular: Se evaluó el diámetro y la longitud de la raíz principal, así como el peso total del sistema radicular.

Área foliar: Se empleó la fórmula propuesta por Navarro y col. (1996):

$$Y=0,67666 (L \times A) - 1,843 \quad [2]$$

donde:

Y: Área foliar (cm²)

L: Largo de las hojas (cm)

A: Ancho de las hojas (cm)

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza (ANOVA simple) a través del paquete estadístico Statgraphics Plus v. 5.1. El método utilizado dentro de este análisis para el estudio entre medias fue el procedimiento de las diferencias más francamente significativas de Tukey (HSD), con un nivel de confianza del 95,0 %.

Resultados y discusión

Al valorar el consumo promedio de agua por postura durante el período de estudio se apreció un gasto de 0,420 L en las posturas regadas por la nueva propuesta tecnológica, mientras que las posturas sometidas al tratamiento testigo experimentaron un gasto promedio de 10,93 L, lo que representa un ahorro del 96 % del agua dispuesta para el riego. Se logra además plena capacidad de campo en el sustrato, así como coeficiente de uniformidad y eficiencia de aplicación cercanos al 100 %.

Para el método de propagación por semillas (PS) la variable *diámetro del tallo* (Tabla 2) muestra diferencia estadística entre el T3 y T4, respecto al T1 y T2; se muestra un incremento del 12,24 % del diámetro del tallo en posturas que fueron sometidas al T1 respecto al T4. Estos resultados fueron superiores a los reportados por Fasiaben y Costa (1981), quienes para igual variable obtuvieron 0,36 cm en posturas de tres meses de edad. Con relación al método de propagación por microinjerto (PM), esta variable mostró diferencia estadística significativa entre el T4 y los demás tratamientos, mostrándose el incremento del 19,56 % de T1 respecto al T4. Estos resultados fueron superiores a los reportados por Menéndez y col. (2003) durante un estudio realizado en condiciones experimentales, con diámetros del tallo del injerto de 0,44 cm bajo riego superficial; se observa además la no diferencia estadística significativa entre los tratamientos T1, T2 y T3, aspecto importante, pues en la práctica productiva se pudieran emplear mechas de coco (T3) para efectuar el riego de posturas de cacao microinjertadas, ya que estas son de origen natural, presentan un componente nutricional adicional que lo incorporan al agua de riego, contienen elementos que disueltos en el

agua de riego adquieren propiedades antifúngicas, son de fácil fabricación y existen, por lo general en toda la región oriental del país, región donde se concentra la mayor cantidad de las plantaciones cacaoteras.

La variable *altura de la planta* (Tabla 2) para PS, los tratamientos T3 y T4 muestran diferencias estadísticas significativas respecto al T1 y T2, pero no difieren entre sí; se aprecia un incremento del 42,7 % en las posturas sometidas al T1, respecto al T4. Para PM se aprecia diferencia estadística significativa entre el T4 y el resto de los tratamientos. Estos resultados fueron superiores a los reportados por Menéndez y col. (2003), quienes mostraron longitudes del injerto de 8,98 cm inferiores incluso a lo alcanzado por el T4 (9,33 cm). Por su parte, Reyes y María (2005) respaldan el presente estudio, al referir que las posturas de cacao sometidas a frecuencias de riego, diarias e interdiarias, contribuyen a incrementos en la altura de las mismas. Al igual que con la anterior variable, la mecha de coco (T3) pudiera emplearse en la propagación del cacao por microinjertación.

En cuanto al *número de hojas* (Tabla 2), para PS se aprecia diferencia estadística significativa entre todos los

tratamientos T3 y T4 respecto al T1 y T2, mostrándose el T1 como el más promisorio con alrededor de seis pares de hoja por postura. Estos resultados son superiores a los reportados por Martínez y col. (2001), quienes exponen dos pares y medio de hojas y cinco pares y medio para posturas de tres y cuatro meses de edad, respectivamente. Para PM se observa diferencia estadística significativa entre el T1 y los demás tratamientos, mostrándose el T1 como el más promisorio, con 3,9 pares de hojas como promedio en las posturas microinjertadas. Los demás tratamientos también expusieron número de hojas alrededor de los tres pares, siendo estos resultados similares a lo reportado por Menéndez y col. (2003). A pesar de no registrarse diferencia estadística significativa entre los tratamientos T1 y T4, vale destacar que convendría aplicar el riego a través de la mecha por considerarse esta técnica de riego sustentable, además de las ventajas antes descritas.

Respecto a la longitud de las hojas (Tabla 2) en PS, se muestra diferencia estadística significativa solo entre el T4 y los demás tratamientos. Para PM se aprecia diferencia estadística significativa solamente entre el T4 y los restantes tratamientos.

Tabla 2. Evaluación agronómica de las posturas, para ambos métodos de propagación

Tratamiento	Diámetro tallo (cm)		Altura planta (cm)		Número hojas (U)		Longitud hojas (cm)	
	Semilla	Microinjerto	Semilla	Microinjerto**	Semilla	Microinjerto	Semilla	Microinjerto
T1	0,49 a	0,46 a	38,12 a	13,16 a	11,75 a	7,73 a	18,41 a	14,63 a
T2	0,47 a	0,45 a	37,98 a	12,83 a	11,09 b	6,36 b	18,13 a	17,34 a
T3	0,45 b	0,42 ab	31,09 b	12,08 ab	9,03 c	6,25 b	16,94 a	15,97 a
T4	0,43 c	0,37 b	21,83 c	9,33 b	8,96 c	6,89 ab	13,23 b	10,86 b
Coefficiente de variación	9,513	9,513	15,405	15,405	10,913	10,913	18,872	18,872
Error estándar	0,012	0,012	0,527	0,527	0,214	0,214	0,801	0,801
Probabilidad	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,01$	$p < 0,01$

* Medias con letras comunes no difieren significativamente.

** Se refiere a la longitud del injerto.

Con relación a la variable masa seca (Tabla 3) para PS, se aprecia diferencia estadística significativa entre todos los tratamientos, mostrándose el T4 como el de mayor media. Los resultados indican que las posturas sometidas a este tratamiento presentaron menos contenido de agua en su estructura, lo cual explica los valores

menores entre las media de las variables estudiadas, expuestas anteriormente. Se destaca el T3 como el de menor media entre todos los tratamientos, lo que significa mayor contenido de humedad en su estructura interna, correspondiente con mejor flujo de savia, mayor cantidad de nutrientes hacia todas las partes de la planta, menor

presión osmótica en las raíces, entre otros aspectos fisiológicos favorables para la postura y que contribuyen al incremento del crecimiento y desarrollo en estas. Al analizar igual variable para PM se aprecia diferencia estadística significativa entre todos los tratamientos, mostrándose el T4 como el de mayor porcentaje, similar a los registros obtenidos para PS.

Tabla 3. Porcentaje de masa seca (Msec.) por tratamientos para ambos métodos de propagación

Tratamiento	Materia seca (%)	
	Semilla	Microinjerto
T1	30,5 b	30,31 c
T2	29,98 c	30,49 b
T3	27,91 d	28,55 d
T4	36,64 a	34,42 a
Coefficiente de variación	0,442	0,197
Error estándar	0,080	0,035
Probabilidad	$p < 0,001$	$p < 0,001$

* Medias con letras comunes no difieren significativamente.

En cuanto al *desarrollo radicular* (Tabla 4), se observa, respecto al diámetro de la raíz principal, diferencia estadística significativa entre los tratamientos para ambos métodos de propagación, resaltándose el T1 como el más promisorio. Para la longitud de la raíz principal, en ambos métodos de propagación se observa el T4 con mayor media, lo cual nos dice que las posturas sometidas a este tratamiento profundizaron más en el sustrato hacia la búsqueda de la humedad óptima, correspondiente con

los horizontes identificados con la capacidad de campo y el límite productivo; por su parte, las posturas sometidas al riego por mecha (T1, T2 y T3) experimentaron como promedio disminución en la profundidad radical, siendo de 3,0 y 3,54 cm para PS y PM, respectivamente; resultados que manifiestan la capacidad del riego por mecha para suministrar el contenido de humedad óptimo al sustrato, y con ello contribuir al verdadero equilibrio entre el contenido de agua y aire, por lo que las raíces no profundizan, sino más bien se desarrollan y crecen en gran número, evidenciado en el incremento del peso de las raíces en las posturas sometidas al T1 correspondiente con el 49,18 y el 20,85 % respecto al promedio de medias entre los restantes tratamientos para PS y PM, respectivamente. Criterios de Kirilova (1976) sustentan estos resultados al aseverar que la utilización del agua por las plantas depende del desarrollo de las raíces, que a su vez depende de la presencia del agua. Así, raíces bien desarrolladas en parcelas regadas utilizaron el agua en capas de suelo poco profundas. Esto nos dice que efectivamente cuando se garantizan niveles de humedad óptimos en el suelo las raicillas se desarrollan aún más, y la raíz principal, así como las secundarias, no profundizan demasiado. Refiere la autora, además, que las plantas no sufren hasta que la humedad no llega al valor de capacidad de marchitez. Cuando alrededor de las raicillas queda agua solamente de capacidad de marchitez, las raíces deben crecer hacia lugares húmedos. Esta opinión coincide con las conclusiones de Shull y Maximov (citados por Kirilova, 1976), de que, debido al movimiento lento del agua capilar a bajas humedades, las raíces deberán crecer en busca de agua.

Tabla 4. Desarrollo radicular en las posturas, para ambos métodos de propagación

Tratamiento	Diámetro raíz principal (cm)		Longitud raíz principal (cm)		Peso total raíces (g)	
	Semilla	Microinjerto	Semilla	Microinjerto	Semilla	Microinjerto
T1	0,66 a	0,544 a	23,66 b	18,62 b	24,30 a	16,16 a
T2	0,57 b	0,533 b	21,67 c	18,71 b	14,76 b	14,55 b
T3	0,47 c	0,514 c	19,49 d	18,18 c	11,47 c	13,95 c
T4	0,46 c	0,444 d	24,61 a	22,04 a	10,82 d	9,87 d
Coefficiente de variación	0,677	0,298	0,429	0,226	0,238	0,792
Error estándar	0,002	0,001	0,055	0,025	0,021	0,062
Probabilidad	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$

* Medias con letras comunes no difieren significativamente.

Al valorar el área foliar (Tabla 5) se aprecia, para ambos métodos de propagación, diferencia estadística significativa entre los tratamientos, destacándose el T1 como el más promisorio, el cual muestra incrementos del área foliar correspondientes con el 50,9 y el 37,66 % respecto al T4 para PS y PM, respectivamente.

Tabla 5. Evaluación del área foliar (Y) por tratamientos para ambos métodos de propagación

Tratamiento	Área foliar (cm ²)	
	Semilla	Microinjerto
T1	890,46 a	440,44 a
T2	708,47 b	384,89 b
T3	633,04 c	411,39 b
T4	437,23 d	274,57 c
Coefficiente de variación	0,528	2,422
Error estándar	2,035	5,284
Probabilidad	$p < 0,001$	$p < 0,001$

* Medias con letras comunes no difieren significativamente.

Conclusiones

- Con la aplicación del riego por mecha se determinó un gasto promedio de 0,420 L de agua por cada postura de cacao, correspondiente con el ahorro del 96 % del agua dispuesta para el riego en un período de 107 días.
- Para ambos métodos de propagación, el riego por mecha contribuye a mejoras en el crecimiento y desarrollo de las posturas respecto a las variables estudiadas.

Bibliografía

- Araus, J.: The problems of sustainable water use in the Mediterranean and research requirements agriculture, *Annals of Applied Biology*, 3(144). 259-272, 2004.
- Fasiaben, M. y J. D. Costa: Influencia de diferentes substratos na formacao de muda de cacau (*Theobroma cacao* L.) a solo, *Theobroma* 73 (1): 60-63, 1981.
- Kirilova, L. & Pavón, C.: Hidromelioraciones de riego. I Parte. Centro de Información Científica y Técnica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de La Habana. p. 132, 1976.
- Márquez, J. J y María B. Aguirre: *Manual técnico de propagación del cacao*, Producciones Gráficas MINREX, Cuba, 2006.
- Martínez, F. y col.: Edad óptima para llevar al campo las posturas híbridas de cacao, *Café Cacao* 2 (2): 3-6, 2001.
- Menéndez, M.; Matos, G.; Lambertt, W.; Nariño, A.; Pérez, P.; Columbié, A.; Mercedes Pierra y F. Martínez: *Informe Final PN 00703025*. Obtención y Comercialización de Clones e Híbridos de *Theobroma cacao* Lin., Comité de Expertos, CITMA, La Habana, 2000.
- Menéndez, M.; Vázquez, E.; Rodríguez, Y. y F. Rodríguez: Introducción, conservación y caracterización de recursos fitogenéticos de *Theobroma cacao* Lin. Proyecto 00703057. *Informe final*, 2003.
- Navarro, D.; Grave de Peralta, G.; González, J. A.; Bustamante, C. A.; García, R. I.; Tabares, G. y R. A. Miranda: «Método de estimación del área foliar en *Theobroma cacao* Lin.», En: *Informe Técnico*, Estación de Investigaciones de Cacao Baracoa Central de Investigaciones de Café y Cacao, 1996.
- Panda, R.; Behera, S. and P. Kashyap: Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions, *Agricultural Water Management*, 3(66). 181-203. 2004.
- Reyes, E. y A. María: Frecuencia de riego y niveles de fertilización en el desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao*) en vivero. Informe técnico. Instituto Dominicano de Investigaciones Agroforestales. Dominicana. 2005.
- Rodríguez, L. y O. Peláez: Más allá de la sequía, en *Granma*, mayo 24, 2011.
- Stape, J.; Binkley, D. and M. Ryan: Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. *Forest Ecology and Management*, 1-2(193). 17-31. 2004.