

Evaluación de sistemas de riego localizado en cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) como estrategia de aumento de la producción en el departamento del Huila

Evaluation of drip irrigation systems in cocoa (*Theobroma cacao*) farming as a strategy for increasing production in the department of Huila

Rodrigo A. Pachón Bejarano¹, Oscar E. Figueroa Paiva², Jorge I. Chavarro Díaz³

Resumen

Teniendo en cuenta que el manejo productivo tradicional del cultivo de cacao en áreas agrícolas del departamento del Huila causa un deterioro acelerado en los recursos suelo - agua, debido a las inadecuadas prácticas de riego con bajas eficiencias y láminas de agua que superan los 2500 mm/ha, el presente artículo presenta los resultados de la evaluación de tres sistemas de riego localizado (goteo, microaspersión micromanguera) con tres repeticiones, propuestos para aumentar la uniformidad en la entrega del agua al cultivo de cacao en tres regiones del departamento.

El Coeficiente de Uniformidad promedio entre los tres municipios muestra que el sistema más eficiente en el uso del agua para el cultivo de cacao es el de riego por goteo con un CU = 97,31%, seguido del riego por microaspersión con un CU = 96,42% y por último y no muy distante el sistema de riego con micromanguera con un CU = 85,06% los dos primeros sistemas calificados con tipo de uniformidad excelente y el último con tipo de Uniformidad buena, lo que posiciona a este sistema como una buena alternativa para solucionar problemas de déficit hídrico en cultivos de cacao y a más bajo costo si es comparado con los sistemas de riego por goteo y microaspersión.

Palabras Clave: Riego localizado; coeficiente de uniformidad; microaspersión; goteo; micromanguera

Abstract

Given that the traditional production management of cocoa in agricultural areas of Huila causes a rapid deterioration in the resources soil - water due to inadequate irrigation practices with low efficiencies and water bodies exceeding 2500 mm / ha, this article presents the results of the evaluation of three drip irrigation systems (drip, micro sprinkler, micro-hose) with three replications, proposed to increase the uniformity of water delivery to the cultivation of cacao in three regions of the department.

1 Ingeniero Agrónomo. Docente Universidad Surcolombiana-Neiva. Av. Pastrana- Carrera 1. ropacho@usco.edu.co

2 B. Sc. Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana- Neiva. Av. Pastrana- Carrera 1. Oscar.figueroa@cenigaa.org

3 B.Sc. Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana- Neiva. Av. Pastrana-Carrera 1. Jorge.chavarro@cenigaa.org

Recibido 2 de diciembre de 2013

Aprobado 30 de enero de 2014

The average coefficient of uniformity between the three municipalities shows that the most efficient use of water for crop of cocoa system is the drip irrigation with $CU = 97.31\%$, followed by micro-sprinkler irrigation with $CU = 96.42\%$ and last but not far off the irrigation system with micro-hose with a $CU = 85.06\%$ qualified the first two types of systems and excellent uniformity with the last type of good uniformity, which positions this system as a good alternative to solve problems of water shortage in crop of cocoa and lower cost if compared with drip irrigation and micro-sprinkler.

Keywords: Localised irrigation; uniformity coefficient; Cocoa; micro-sprinkler; drip; Micro-hose.

1. Introducción

En el marco de la Agenda Interna para la Productividad y Competitividad del Departamento del Huila (2007) se priorizaron seis apuestas productivas, en las cuales se encuentran: cacao, cafés especiales, frutales, piscicultura, turismo y energética. Lo anterior expone la necesidad de generar capacidades para el desarrollo de investigación de alto nivel que contengan la transversalidad entre las áreas de conocimiento a las cuales están articuladas cada una de las propuestas.

Cada día, el rol de los sistemas de riego a nivel mundial es más importante y necesario en los sistemas de producción (Ochoa y Peña, 2012) que se ven afectados de manera considerable por la variabilidad climática y prolongados tiempos de sequía. En este contexto, es importante desarrollar sistemas de riego de alta eficiencia, prácticos y económicos, enfocados a un manejo y gestión más integral del recurso hídrico (Panda et al., 2004)

Según Stape et al. (2004), la producción de cultivos en zonas tropicales va a ser en menor proporción por la provisión del agua, afectando la eficiencia del uso del agua en los sistemas de producción, siendo el cultivo de cacao uno de los afectados que requiere el recurso hídrico constante para estabilizar su producción.

El déficit de agua en el suelo durante la mayor parte de meses es alto y el sistema de producción cacaoero requiere riego para aumentar la pro-

ducción y la calidad del grano, pero en algunas zonas el uso de agua para cacao entra en conflicto con el uso del agua para arroz, por ende una de las principales alternativas para solucionar el problema es la gestión y planificación integral en el manejo del recurso agua en el cultivo de cacao.

Además estudios como el de Sujatha y Bhat, 2013 indican que la fertirrigación orgánica puede mejorar la eficiencia del uso de nutrientes sobre la aplicación al suelo en vista que las bondades de la utilización de abonos orgánicos está demostrada y más aún cuando son aplicados nutrientes solubles a través de la fertirrigación por goteo.

En los sistemas de riego localizados de alta frecuencia es muy importante evaluar la uniformidad de riego después de que este ha sido instalado, debido a que la uniformidad es un indicador de la relación que existe entre las plantas en términos de producción y la eficiencia con la que se está aplicando agua con el riego. En general a mayor uniformidad de riego mayor uniformidad en la producción del cultivo, siempre y cuando no existan otros factores limitantes como problemas de nutrientes y problemas fitosanitarios.

El coeficiente de uniformidad es una variable de entrada muy importante en la estimación de la eficiencia del sistema. Los sistemas de riego localizados buscan la mayor uniformidad posible, de esta forma todas las plantas pueden recibir la misma cantidad de agua y nutrientes (Saldarriaga, 2007).

2. Metodología

El área de estudio hace referencia a tres municipios de la zona norte del departamento del Huila, municipio de Campoalegre en la finca Los Lagos ubicada en la vereda Bejucal Bajo con un cultivo de cacao de 6 años sembrado a 2x4 m; municipio de Palermo en la finca Potreritos perteneciente a la vereda Nilo con cultivo de cacao de 10 años sembrado en tres bolillo a 3 m; y el municipio de Baraya en la finca San José ubicada en la vereda la Unión con cultivo de cacao de 8 años sembrado en tres bolillo a 3 m en los cuales se establecieron tres sistemas de riego localizado (Microaspersión, goteo y micromanguera) con tres repeticiones

cada uno, para un total de nueve sectores de riego (Figura 1).

Para la evaluación de los tres sistemas de riego se seleccionó un (1) sector de riego por cada sistema de riego instalado en las áreas experimentales de los municipios de Campoalegre, Palermo y Baraya, dentro de cada sector se seleccionaron cuatro (4) laterales de riego y dentro de cada lateral se seleccionaron cuatro (4) unidades de riego o emisores, donde cada una de estas unidades riega un árbol de cacao diferente dentro del sector a evaluar. Las unidades de riego que fueron sometidos a la evaluación cuentan con las siguientes características de operación (Tabla 1).

Tabla 1. Características de las unidades de riego evaluadas

Unidad de riego	Tipo de emisor	Presión de trabajo (PSI)	Caudal de descarga (LPH)	Diámetro húmedo (m)	Unidades por árbol
Gotero	NDJ de Botón Clicktif	15 - 58	4,0	N.A	3
Microaspersor	Amanco Rotativo de boquilla verde	15 - 58	25,0	5,0	1
Micromanguera	Manguera de 6 mm	3 - 10	Varía con la presión	N.A	1

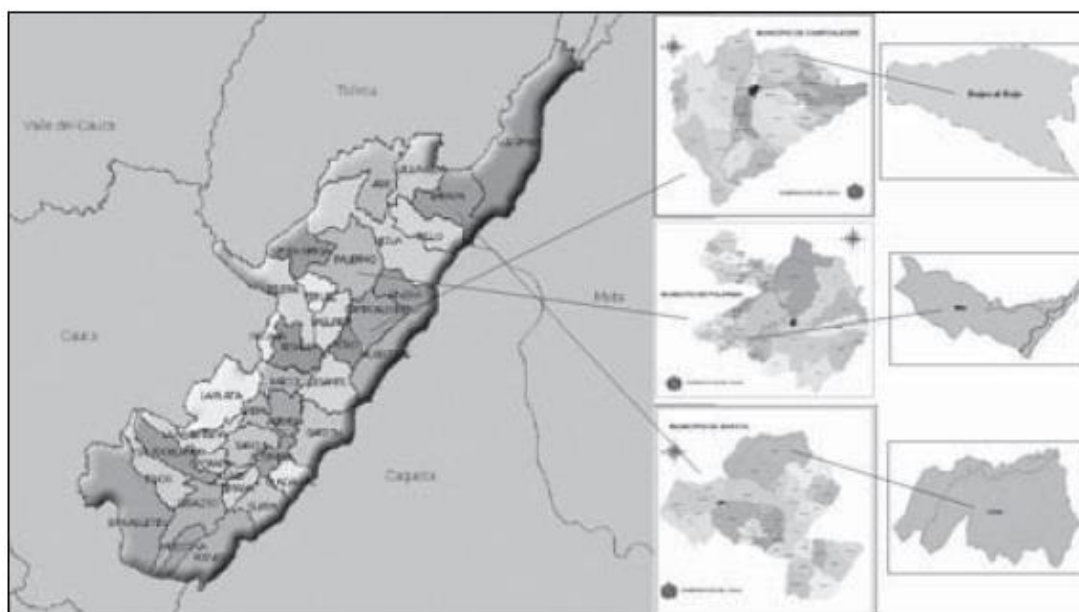


Figura 1. Localización de las áreas de estudio. (Alcaldía de Baraya, Campoalegre y Palermo, 2013).

En la evaluación de los sistemas de riego los parámetros que se tuvieron en cuenta fueron: caudal de unidades de riego, el Coeficiente de Uniformidad (CU) y Eficiencia de Uso (EU).

El procedimiento metodológico empleado contempló las siguientes actividades:

1. Comprobación del funcionamiento del sistema con normalidad, revisión de los filtros, unidades de riego, tapones de lavado de la tubería principal, múltiple y lateral.
2. Selección el sector de riego crítico, es decir, el sector que cuente con las condiciones de mayor dificultad (contrapendiente, mayor número de microaspersores y mayor distancia a la válvula de paso) para permitir la libre circulación del agua dentro del sector.
3. Dentro del sector de riego seleccionado, se identificó el primer lateral, el lateral ubicado a 1/3 de la distancia desde el inicio, el lateral ubicado a 2/3 de la distancia desde el inicio y el último lateral. Luego en cada uno de ellos se identificó la primera unidad de riego, la unidad ubicada a 1/3 del inicio del lateral, la

unidad ubicada a 2/3 del inicio del lateral y la última unidad de riego (Figura 2).

4. Medición del caudal de salida en cada unidad de riego y elaboración del registro de las mediciones.
5. Estimación de los *Coefficientes de Uniformidad (CU)* de acuerdo a la ecuación 1.

$$CU_Q = 100 * \frac{Q_{25\%}}{\bar{Q}} \quad \text{Ecu. (1)}$$

Dónde:

$Q_{25\%}$ = media del 25% de los valores más bajos de los volúmenes recogidos, en litros/hora.

\bar{Q} = media de todos los volúmenes de agua recogidos, en litros/hora.

6. Clasificación de los Coeficientes de Uniformidad calculados de acuerdo a la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de los coeficientes de uniformidad.

Coeficiente de uniformidad	Tipo de uniformidad
90-100	Uniformidad Excelente
80-90	Uniformidad Buena
70-80	Uniformidad Aceptable
<70	Uniformidad Inaceptable

(Merriam y Keller, 1978)

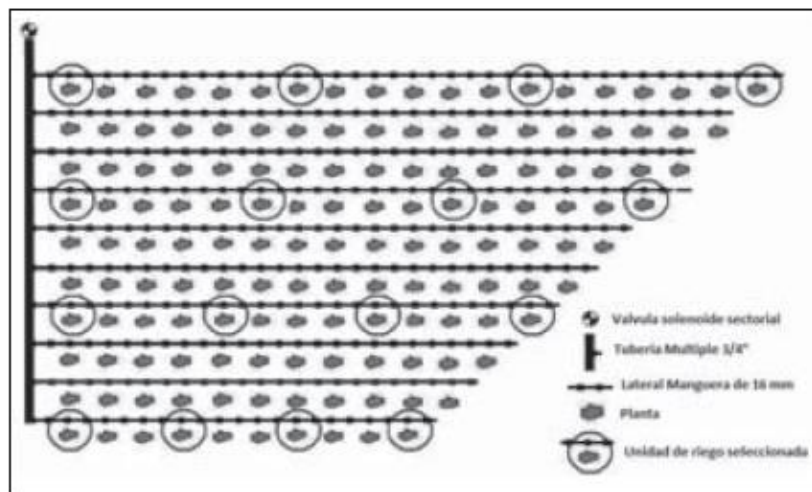


Figura 2. Esquema selección unidades de riego a evaluar. (CITRA - Modificado Equipo CENIGAA 2013).

7. Estimación de la *Eficiencia del uso del agua (EU)* de acuerdo a la ecuación 2.

$$EU = \frac{(EAP * CU)}{100} \quad \text{Ecu. (2)}$$

Dónde:

EU= Eficiencia de uso del agua.

EAP= Eficiencia de aplicación (característico de cada sistema de riego).

CU= Coeficiente de uniformidad.

3. Resultados

Las áreas experimentales se georeferenciaron con Estación Total de Topografía, de tal manera que se especifican las coordenadas geográficas precisas con miras a su fácil ubicación en posteriores evaluaciones que realicen otras entidades (Tabla 3).

Para la evaluación de la eficiencia de los sistemas de riego en el municipio de Campoalegre se seleccionaron los sectores y las unidades de riego que se ilustran en la Fig. 3, para Palermo los sectores y unidades de la Fig. 4 y para Baraya los sectores y unidades de la Fig. 5, siguiendo los criterios de selección de los sectores crítico, es decir, los sectores que cuente con las condiciones de mayor dificultad (contrapendiente, mayor número de microaspersores y mayor distancia a la válvula de paso) para la libre circulación del agua dentro del sector.

En cada unidad de riego se realizaron tres (3) afloros, se promediaron estos valores y se registraron en el formato correspondiente (Figuras 6, 7 y 8).

Riego por Microaspersión: En los sistemas de riego de microaspersión, el agua es aplicada sobre

Tabla 3. Georeferenciación de Área experimentales.

Municipio	Vereda	Finca	Coordenada	ALTURA (msnm)
Campoalegre	Bejucal bajo	Los lagos	N 02° 44' 26,7'' ; W 75° 16' 41,8''	666,5
Palermo	Nilo	Potreritos	N 02° 51' 23,7'' ; W 75° 31' 38,4''	841,5
Baraya	La Unión	San José	N 03° 16' 37,9'' ; W 74° 56' 09,9''	571,0

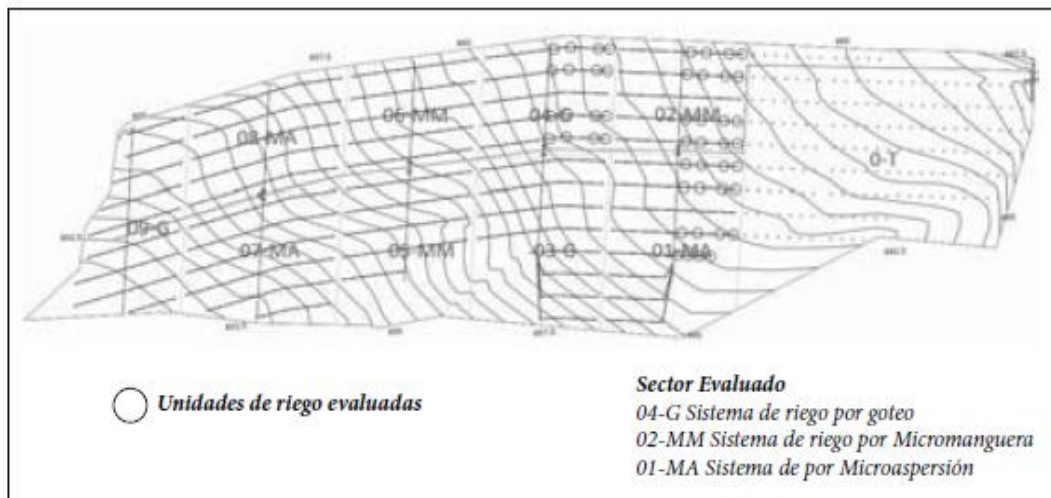


Figura 3. Ubicación de los Sectores y unidades de Riego evaluados en el municipio de Campoalegre.

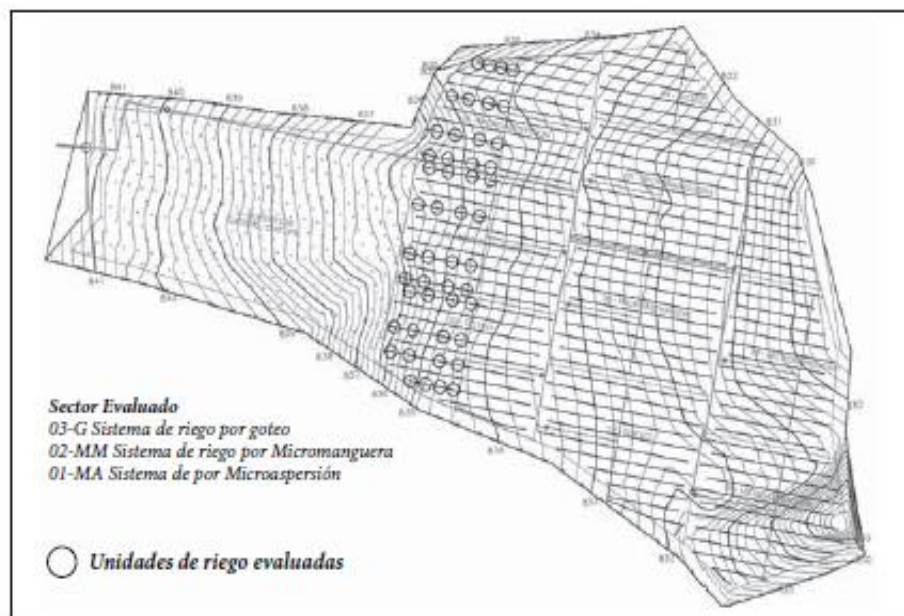


Figura 4. Ubicación de los sectores y unidades de riego evaluados en Palermo.

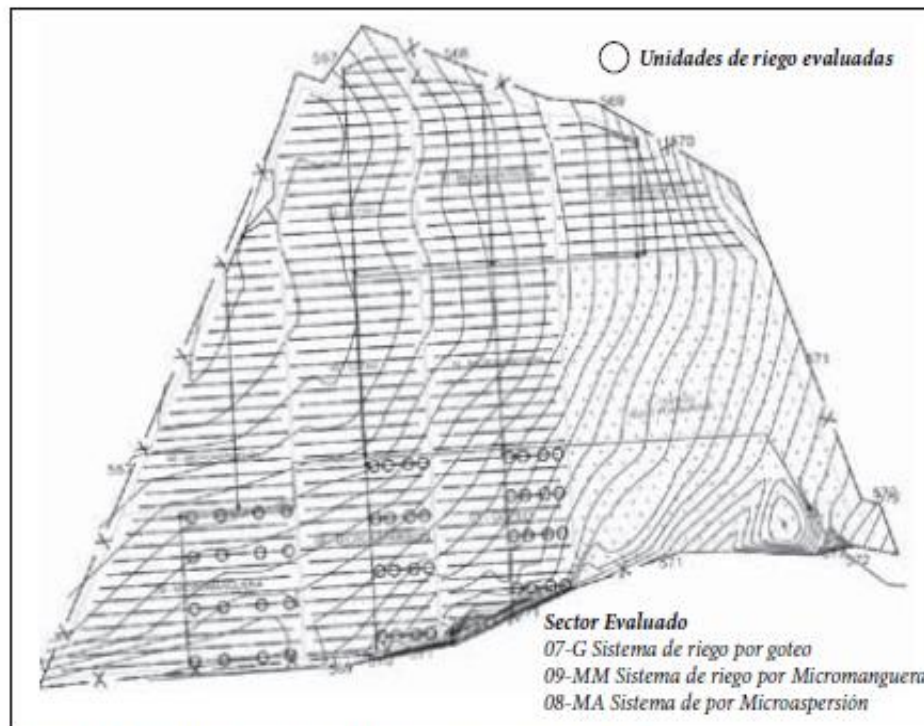


Figura 5. Ubicación de los sectores y unidades de riego evaluados Baraya



Figura 6. Selección unidades de riego en micromanguera



Figura 7. Selección unidades de riego en goteo



Figura 8. Aforo a unidades de riego por micromanguera

una superficie limitada del terreno en forma de lluvia artificial y se desplaza en el suelo en función de tres factores fundamentales: a) las propiedades y características del perfil físico del suelo; b) el volumen de agua aplicado; y c) el caudal del

emisor (Gispert y García, 1994). La información recolectada en campo de la evaluación realizada al sistema de riego por microaspersión en los tres municipios se registra en la Tabla 4, 5 y 6.

Tabla 4. Evaluación de las unidades de riego en el sistema de microaspersión, Campoalegre.

SECTOR 01 MICROASPERSIÓN				
Lateral \ Emisor	1 Emisor Q (ml/Min)	Emisor 1/3 Q (ml/Min)	Emisor 2/3 Q (ml/Min)	Último Emisor Q (ml/Min)
1 Lateral	450	445	420	435
2° Lateral a 1/3	445	445	450	410
4° Lateral a 2/3	430	430	440	445
Último lateral	440	430	420	430

Tabla 5. Evaluación de las unidades de riego de microaspersión, Palermo.

SECTOR 01 MICROASPERSIÓN				
Lateral \ Emisor	1 Emisor Q (ml/Min)	Emisor 1/3 Q (ml/Min)	Emisor 2/3 Q (ml/Min)	Último Emisor Q (ml/Min)
1 Lateral	445	440	445	440
3° Lateral a 1/3	450	445	440	440
6° Lateral a 2/3	440	420	410	420
Último lateral	430	430	420	410

Tabla 6. Evaluación de las unidades de riego de microaspersión, Baraya.

SECTOR 08 MICROASPERSIÓN				
Lateral \ Emisor	1 Emisor Q (ml/Min)	Emisor 1/3 Q (ml/Min)	Emisor 2/3 Q (ml/Min)	Último Emisor Q (ml/Min)
1 Lateral	460	445	430	430
5° Lateral a 1/3	455	430	415	420
9° Lateral a 2/3	440	425	420	430
Último lateral	420	430	440	425

De acuerdo a los aforos realizados en los microaspersores seleccionados y al cálculo del Coeficiente de Uniformidad (Ecuación 1), el sistema de riego por microaspersión en Campoalegre presenta un CU = 96,48%, en Palermo un CU = 95,88% y en Baraya un CU = 96,89%, lo cual indica que los sistemas presentan un tipo de uniformidad Excelente, debido a que se encuentran en el rango de 90 – 100 %.

De igual forma se realizó el cálculo del Eficiencia de uso del agua (EU) aplicando la ecuación 2 y empleando Eficiencia de aplicación (EAP) del 85% para el sistema de riego por microaspersión, valor obtenido al promediar los rangos de eficiencia según la WWF (2009) y Liotta (2005) que oscila entre los 90% y 80%. El cálculo de la EU para el sistema de riego por microaspersión en el municipio de Campoalegre muestra un resultado de EU = 82,01%, para el municipio de Palermo de

EU = 81,50% y para el municipio de Baraya una EU = 81,50% evidenciando que existe eficiencia en los sistemas de riego instalados y que garantizan uniformidad en las láminas de riego aplicadas en el cultivo de cacao.

Riego por Goteo: El sistema de riego por goteo es un método de riego localizado donde el agua se aplica en forma de gotas a través de unidades de riego denominadas goteros, los cuales suministran agua a intervalos frecuentes en pequeñas cantidades a la raíz de cada planta. La información recolectada en campo de la evaluación realizada a los sistemas de riego por goteo en los tres municipios se registra en las Tablas 7, 8 y 9.

La información de la evaluación realizada a los goteros seleccionados, muestra para el municipio de Campoalegre un valor de CU = 97,53%, para Palermo un CU = 96,72% y para el municipio de

Tabla 7. Evaluación de las unidades de riego de goteo, Campoalegre.

SECTOR 04 GOTEO					
Lateral	Emisor	1 Emisor Q (ml/Min)	Emisor 1/3 Q (ml/Min)	Emisor 2/3 Q (ml/Min)	Último Emisor Q (ml/Min)
1 Lateral		69	67	65	64
2° Lateral a 1/3		67	65	65	66
4° Lateral a 2/3		66	68	65	67
Último lateral		65	67	65	63

Tabla 8. Evaluación de las unidades de riego de goteo, Palermo.

SECTOR 03 GOTEO					
Lateral	Emisor	1 Emisor Q (ml/Min)	Emisor 1/3 Q (ml/Min)	Emisor 2/3 Q (ml/Min)	Último Emisor Q (ml/Min)
1 Lateral		68	66	65	66
3° Lateral a 1/3		66	64	65	62
5° Lateral a 2/3		69	65	64	63
Último lateral		65	64	64	62

Tabla 9. Evaluación de las unidades de riego de goteo Baraya.

SECTOR 07 GOTEO					
Lateral	Emisor	1 Emisor Q (ml/Min)	Emisor 1/3 Q (ml/Min)	Emisor 2/3 Q (ml/Min)	Último Emisor Q (ml/Min)
1 Lateral		67	64	65	64
4° Lateral a 1/3		66	64	65	63
7° Lateral a 2/3		67	63	63	64
Último lateral		66	63	65	63

Baraya un $CU = 97,67\%$, lo cual indica que los sistemas presentan un tipo de uniformidad Excelente.

Igualmente se realizó el cálculo del EU (Eficiencia de uso del agua) aplicando la ecuación 2 y empleando EAP (Eficiencia de aplicación) del 90% para el sistema de riego por goteo, valor obtenido al promediar los rangos de eficiencia según la WWF (2009) y Liotta (2005) que oscila entre los 95% y 85% para este tipo de sistema de riego. El cálculo de la EU para el sistema de riego por goteo en Campoalegre arrojó un resultado de $EU = 87,78\%$, para el municipio de Palermo de $EU = 87,05\%$ y para el municipio de Baraya de $EU = 87,91\%$.

Riego por Micromanguera: Los sistemas de riego por micromanguera son un método de riego localizado poco usado debido a que no es un sistema presurizado y presenta bajos índices de uniformidad y eficiencia, lo cual puede afectar el rendimiento de la cosecha y la eficiencia de uso del agua, lo cual ha sido demostrado por diferentes investigadores (Warrick y Gardner, 1983; Letey et al., 1984; Montovani et al., 1995; Li, 1998).

En este sistema la unidad de riego es un segmento de manguera por la cual se conduce el agua hacia la planta y se aplica en la zona radicular en forma de chorro y cuyo diámetro es de 6 mm y longitud variable que permite su calibración por pérdida de energía (a mayor longitud, mayor pérdida y menor caudal de entrega), tal como está instalada en los municipios de Campoalegre y Palermo; para el municipio de Baraya se realizó una pequeña modificación para la calibración de las unidades de riego que consistió en dejar la micromanguera de la misma longitud en todos los árboles de cacao y obturar la punta de ésta con un doble que va atado con un nudo de control que se realiza con un trozo de cabuya para regular el caudal de entrega en la unidad de riego (ver figura 6). La información de los aforos realizados para evaluar el Coeficiente de Uniformidad al sistema de riego por micromanguera en los tres municipios se registra en las Tablas 10, 11 y 12.

De acuerdo a los aforos y al cálculo realizado, el sistema de riego por micromanguera en el municipio de Campoalegre presenta un Coeficiente de Uniformidad $CU = 80,93\%$, en el municipio de Palermo un $CU = 84,75\%$ y en el municipio

Tabla 10. Evaluación de las unidades de riego de micromanguera, Campoalegre.

SECTOR 02 MICROMANGUERA				
Lateral / Emisor	1 Emisor Q (ml/Min)	Emisor 1/3 Q (ml/Min)	Emisor 2/3 Q (ml/Min)	Último Emisor Q (ml/Min)
1 Lateral	500	440	485	420
2° Lateral a 1/3	450	380	430	320
4° Lateral a 2/3	415	405	410	430
Último lateral	380	320	315	350

Tabla 11. Evaluación de las unidades de riego de micromanguera, Palermo.

SECTOR 02 MICROMANGUERA				
Lateral / Emisor	1 Emisor Q (ml/Min)	Emisor 1/3 Q (ml/Min)	Emisor 2/3 Q (ml/Min)	Último Emisor Q (ml/Min)
1 Lateral	450	350	415	405
3° Lateral a 1/3	480	410	440	400
7° Lateral a 2/3	510	405	310	420
Último lateral	380	370	400	345

Tabla 12. Evaluación de las unidades de riego de micromanguera, Baraya.

SECTOR 09 MICROMANGUERA				
Lateral \ Emisor	1 Emisor Q (ml/Min)	Emisor 1/3 Q (ml/Min)	Emisor 2/3 Q (ml/Min)	Último Emisor Q (ml/Min)
1 Lateral	400	460	435	405
4° Lateral a 1/3	430	460	440	375
8° Lateral a 2/3	420	405	370	420
Último lateral	380	370	365	345

de Baraya un $CU = 89,51\%$, lo cual indica que el sistema presenta un tipo de Uniformidad Buena, debido a que se encuentran en el rango de 80 – 90% especificado en la tabla 2 de Clasificación de los Coeficientes.

De igual forma se realizó el cálculo del Eficiencia de uso del agua (EU) empleando la Eficiencia de aplicación (EAP) del 85% para el sistema de riego por micromanguera, valor que se determinó por las comparaciones que se realizaron en campo entre los sistemas de microaspersión y micromanguera, comparación que se considera tolerable debido a que se realizaron diferentes ajustes a las micromangueras, que permitieron presurizar el sistema y regular el caudal de entrega de las unidades de riego. El cálculo de la EU para el sistema de riego por micromanguera en Campoalegre muestra un resultado de $EU = 68,79\%$, en el municipio de Palermo de $EU = 72,03\%$ y en el municipio de Baraya de $EU = 76,08\%$.

4. Conclusiones

El sistema de riego que brinda un coeficiente de Uniformidad mayor es el sistema de riego por goteo con un valor promedio para los tres municipios evaluados de 97,31% y de tipo de uniformidad excelente, lo que garantiza que todas las plantas de cacao de la plantación reciben aproximadamente el mismo caudal de agua y por ende se espera un desarrollo fisiológico homogéneo en todo el cultivo si solo dependiera de este factor.

El coeficiente de uniformidad encontrado para el sistema de riego por micromanguera es catalogado como de tipo de uniformidad buena con un valor promedio entre los tres municipios del 85,06 %, lo que posiciona a este sistema como una buena alternativa para solucionar problemas de déficit hídrico en cultivos de cacao y a más bajo costo si es comparado con los sistemas de riego por goteo y microaspersión.

De los sistemas evaluados para el cultivo de cacao en los municipios de Campoalegre, Palermo y Baraya el que mayor mostró eficiencia en el uso del agua, es el sistema de riego por goteo con un valor promedio de 87,58% y el menos eficiente es el sistema de riego con micromanguera mostrando un valor de 72,30%.

El coeficiente de uniformidad calculado para el sistema de riego por micromanguera en los tres municipios demuestra que donde mejor uniformidad existe es en el municipio de Baraya con un valor de 89,51%, valor muy cercano al tipo de uniformidad Excelente, según la clasificación de uniformidad de la tabla 3; dado que la calibración de las micromangueras en este municipio se realizó mediante la práctica de obturación de la manguera con un nudo de control en la parte final de esta, que permite calibrar con mayor facilidad y precisión el caudal a entregar a cada árbol y no por longitudes de las micromangueras como se realizó en los municipios de Campoalegre y Palermo.

Posteriores investigaciones deben estar orientadas a la evaluación de producciones en cacao bajo diferentes sistemas de riego localizado que utilicen la fertirrigación como método para la aplicación de suplementos nutricionales, de igual forma se debe seguir investigando sobre el aumento de la eficiencia de uso del agua en el sistema de riego por Micromanguera considerando que su instalación es de menor costo.

Agradecimientos

Los autores agradecen enormemente al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y a la Corporación Red Especializada de Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico del sector Agropecuario CENIREC por su financiación y valiosos aportes logísticos y científicos, y a los profesionales de la Fundación Centro de Investigación en Ciencias y Recursos Geoambientales CENIGAA por el apoyo en el desarrollo del presente estudio.

5. Referencias Bibliográficas

1. Alcaldía de Baraya. 2013. Mapa político del Municipio de Baraya. http://baraya-huila.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcMapas%20Pol%EDticos-1-8x=3167002. Consultado el 31 de diciembre de 2013.
2. Alcaldía de Campoalegre. 2013. Mapa político del Municipio de Campoalegre. http://campoalegre-huila.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcMapas%20Pol%EDticos-1-8x=3106232. Consultado el 31 de diciembre de 2013.
3. Alcaldía de Palermo. 2013. Mapa político del Municipio de Palermo. http://www.palermo-huila.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-8x=2810153. Consultado el 31 de diciembre de 2013.
4. Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA). 2013. Evaluación de la Uniformidad de Riego en una Instalación de Riego por Goteo. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca, Talca - Chile.
5. Gispert, J. R. y García, J. A. 1994. El volumen húmedo del suelo. Aspectos Agronómicos Relacionados con la Microirrigación. Riegos y drenajes. 16-28, 77p.
6. Liotta, Mario A., 2005. Los sistemas de riego por Goteo y Microaspersión. INTA. Provincia de San Juan, Argentina. 20p.
7. WWF, 2009. Manual de Buenas Prácticas de Riego, Propuestas de WWF para un uso eficiente del agua en la agricultura. World Wide Fund for Nature - WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza)
8. Montovani, E. C.; Villalobos, F. J.; Orgaz, F.; and Fereres, E. 1995. Modeling the Effects of Prinkler Irrigation Uniformity on Crop yield. *Agric. Water Manage.* 243-257p.
9. Ochoa, A, M. y Peña, P., 2012. Efecto del Riego Superficial en la Microinjeración del Cacao. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. Universidad Agraria de la Habana Frutuosa Rodríguez. La Habana, Cuba.
10. Stape, J., D. Binkley & Ryan, M., 2004. Eucalyptus Production and the Supply, Use and Efficiency of use of Water, Light and Nitrogen Across a Geographic Gradient in Brazil.
11. Sujatha S, B., 2013. Impact of Drip Fertigation on Arecanut- Cocoa System in Humid Tropics of India. *Agroforest Syst.* 1 de Junio; 87 (3): 643-56p.
12. Warrick, A. W. and Gardner, W. R., 1983. Crop Yield as Affected by Spatial Variation of Soil and Irrigation. *Water Resour.* 181-186p.
13. World Wide Fund for Nature - WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza), 2009. Manual de Buenas Prácticas de Riego, Propuestas de WWF para un Uso Eficiente del Agua en la Agricultura. España, 10p.