

# Método del Cenirrómetro como alternativa de programación de riego por aspersion en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*)

## Method of the cenirrometro as an alternative to scheduling irrigation by aspersion in cocoa crop (*Theobroma cacao*)

Freddy Carlos Gaviláñez Luna\*; Stalin Rafael Farias Chica

Universidad Agraria del Ecuador. \*Autor para correspondencia: fgavilanez@uagraria.edu.ec

Rec.: 10.02.2018 Acep.: 12.02.2019

### Resumen

En una finca cacaotera de la costa ecuatoriana se evaluó la metodología del Cenirrómetro desarrollada por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña) como una alternativa de programación del riego en el cultivo de cacao y se comparó con una programación a partir del tanque de evaporación clase A y tensiómetros. Para el efecto se utilizó una plantación de cacao CCN – 51 con instalación de riego por aspersion subfoliar. Se evaluaron dos módulos de riego seleccionando 16 aspersores en cada uno, para establecer la precipitación promedio. En el suelo se determinaron los componentes texturales y los contenidos de materia orgánica para obtener indirectamente las constantes físicas de capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente, utilizando para ello el modelo Soil Water Characteristics del USDA. Para las mediciones de evaporación se utilizaron dos recipientes plásticos, uno para la metodología del Cenirrómetro y el otro, para cumplir la función del tanque clase A. Se consideraron una profundidad radicular efectiva de 300 mm y un umbral de riego de 0.25, lo que junto a un coeficiente de cultivo (Kc) de 1.10, permitió establecer una lámina constante para el Cenirrómetro de 16 mm (marca en el recipiente). Se midieron el número de frutos/planta, el diámetro y la longitud de frutos, y el rendimiento de granos secos seleccionando 15 plantas en cada metodología. Los datos fueron analizados utilizando la prueba 't' de Student. Los resultados de producción avalan la metodología del Cenirrómetro, por tanto, puede considerarse como una alternativa de programación de riego por aspersion en el cultivo de cacao.

Palabras clave: balance hídrico, capacidad de campo, cenirrómetro, dosis de riego; evapotranspiración, medidores de humedad.

### Abstract

This research was developed in a cocoa farm on the Ecuadorian coast and consisted in validating the methodology of the cenirrometro, as an alternative to programming irrigation in cocoa; comparing it with a program from the evaporation tank class A and tensiometers. For its development, a CCN-51 cocoa plantation with sprinkler irrigation installation was used, where two irrigation modules were evaluated, selecting 16 sprinklers in each, to establish the average precipitation of the sprinklers. The textural components of the soil and the contents of organic matter were determined, to indirectly obtain the physical constants of field capacity, permanent wilting point and apparent density; using the USDA Soil Water Characteristics model. For the evaporation measurements, two plastic containers were used, one for the methodology of the cenirrometro and the other to fulfill the function of the tank class A. An effective root depth of 300 mm and an irrigation threshold of 0.25 was considered, which together with a culture coefficient (Kc) of 1.10, a constant sheet was established for the 16 mm cenirrometro (mark on the container). The number of fruits/plant, diameter and length of fruits, and the yield of dry grains were evaluated; selecting 15 plants in each methodology and using the Student test. The results of production support the methodology of the cenirrometro, therefore, it can be considered as an alternative of programming irrigation by sprinkling in cocoa.

**Keywords:** cenirrometro, evapotranspiration, hydric balance, field capacity, irrigation dose, moisture meters.

## Introducción

Las exportaciones de cacao desde Ecuador han tenido un crecimiento sostenido en los últimos años, pasando de 158,539 t en 2013 a 243,922 t en 2017 (Moncayo, 2017). Este fruto, junto con el banano y el café, contribuyen con el 20% del producto interno bruto agropecuario del país (Monteros y Salvador, 2015), siendo el área cultivada de 538,618 ha a nivel nacional, que equivalen a 37.43% de toda el área de siembra en el país (INEC, 2016).

El cacao es un cultivo de especial importancia para Ecuador, no obstante, su explotación demanda volúmenes significativos de agua, la mayoría (82%) aplicados en forma de riego (CNRH, 2006), bien sea en forma de aspersión (26%) o microaspersión (18%) (INEC, 2016). En muchos casos el manejo del riego no es adecuado y su eficiencia de aprovechamiento de agua es menor que 61%, lo cual se refleja en bajos rendimientos de frutos (0.5 t/ha) (MAGAP, 2013; 2015).

Los bajos rendimientos de grano seco a nivel de finca son el resultado, en muchos casos, de las aplicaciones excesivas o deficitarias de agua en forma de riego como resultado de la ausencia de criterios técnicos sobre la capacidad de almacenamiento en el suelo, demanda hídrica y evapotranspiración del cultivo. Estas aplicaciones ocasionan problemas de eutrofización de los ríos por causa de la presencia de nutrientes que son arrastrados a las fuentes subterráneas y que luego entran en contacto con las aguas superficiales (Grassi, 1998; Ongley, 1997); además de causar restricciones en el uso del agua superficial por su contaminación con los demás agroquímicos que se utilizan en el proceso productivo (MAGAP, 2013).

El cacao es una planta que no tolera exceso ni déficit de humedad en el suelo. Cuando uno de estos fenómenos ocurre se presenta la muerte progresiva de hojas lo que afecta la producción de frutos (Enriquez, 1985). No obstante, a pesar de que existen metodologías para el manejo del riego que pueden combinarse y ser aplicadas para mejorar la productividad de los cultivos y contribuir así al uso sustentable del agua, no se aplican por los agricultores debido a factores de tipo económicos, que restringen el uso de tecnologías, o requerimientos técnicos que en la mayoría de las veces no se encuentran disponibles para el pequeño y mediano agricultor; todo lo cual contribuye a esa falta de conocimiento que hace ineficiente el uso del agua de riego.

El Cenirrometro es una alternativa para determinar la necesidad y programación de riegos por las plantas y cultivos, que fue desarrollada por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar

de Colombia (Cenicaña). Consiste básicamente en un recipiente plástico de 26 a 30 cm de diámetro y 35 a 40 cm de altura donde se integra la relación suelo-planta-atmósfera (Torres y Cruz, 1995). En él se consideran: la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo definida por sus constantes hídricas de capacidad de campo y el punto de marchitez permanente para determinar la lámina de agua fácilmente aprovechable mediante un umbral óptimo de riego que depende del cultivo (demanda debida a evapotranspiración), el sistema radicular de las plantas y las características físicas del suelo (Grassi, 1998). Además, el método de riego (Avidan, 1994) es un componente básico de programación que tienen en cuenta la incidencia en las dosis y frecuencias de aplicación (Olalla, López y Calera, 2005). Una vez definida la lámina de agua, ésta se relaciona con la evapotranspiración del cultivo, que bajo el criterio del método del tanque evaporímetro (Allen, Pereira, Raes y Smith; 2006), se utiliza para definir marcas de referencia en el recipiente plástico o Cenirrómetro, a partir de las cuales se establecen los volúmenes de agua y el momento del riego.

Con el objetivo de optimizar el uso de agua de riego en el cultivo de cacao, se evaluó el método del Cenirrómetro vs. una programación a partir del tanque de evaporación clase A y el uso de tensiómetros. Para el efecto se midieron variables como la producción mediante el número de frutos cosechados por planta, longitud y diámetro de fruto y el rendimiento de granos secos con ajuste de 7% de humedad.

## Materiales y métodos

El ensayo se realizó entre junio y noviembre del 2017, en la zona agrícola del cantón Naranjal (2°32'18" S y 79°33'13.17" O), provincia del Guayas, Ecuador, con temperatura mínima de 20.4 °C y máxima de 30.7 °C, humedad relativa de 81%, 2.7 horas de heliofanía, 0.98 m/s de velocidad del viento y 846 mm de lluvia anual (Base de datos CLIMWAT de la FAO); en una plantación establecida de cacao CCN - 51, de 12 años de edad, sembrada a una distancia de 2.8 m entre plantas e hileras. El sistema de riego consistía en aplicación por aspersión subfoliar, con emisores distanciados 13 m y laterales de riego a 12 m. Para la evaluación volumétrica fueron seleccionados equidistantemente 16 de estos emisores y así determinar la precipitación promedio ( $P_e$ ) en el módulo, en unidades de  $mm/h$ , relacionando el caudal  $q$  dado en  $Lh^{-1}$  con el área ( $m^2$ ) cubierta por cada emisor, la cual fue calculada multiplicando la distancia entre emisores ( $d_e$ ) por la distancia entre laterales ( $d_l$ ). Esta relación fue establecida por la ecuación siguiente:

$$eP = q / (d_e d_l) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Tanto para el funcionamiento del Cenirrómetro como en el tanque evaporímetro clase A, se utilizaron dos recipientes de color blanco, con dimensiones de 30 cm de diámetro en la parte superior y 40 cm de altura (Figuras 1 y 2).



Figura 1. Recipientes plásticos para medición de evaporación



Figura 2. Equipo instalado considerando la distancia del cultivo a barlovento.

Estos recipientes se ubicaron sobre una plataforma de 10 cm de altura y fueron protegidos con malla para evitar el ingreso de animales. Las mediciones bajo la concepción de la metodología del tanque clase A se realizaron considerando que en los recipientes plásticos se produce una evaporación 9% mayor que en el tanque antes mencionado (Torres y Cruz, 1995), cuyas dimensiones estándar son 120.7 cm de diámetro y 25 cm de altura (Allen, *et al.*, 2006). Por tanto, la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ), conteniendo axiomáticamente a la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ), según el método del tanque evaporímetro, fue establecida por la ecuación 2, en donde  $K_{tan}$  es un coeficiente tabular del tanque que depende de la velocidad del viento, de la humedad relativa, del tipo de cubierta alrededor del tanque y de la distancia del cultivo a barlovento (Allen, *et al.*, 2006).

$$ET_c = 0.91E_c K_{tan} K_c \quad (\text{Ecuación 2})$$

En este ensayo, teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la zona, se consideró un valor de  $K_{tan}$  para el tanque clase A de 0.85 (Allen, *et al.*, 2006); mientras que el coeficiente de cultivo  $K_c$ , de acuerdo con Allen *et al.* (2006) y teniendo en cuenta la escasa información local sobre valores de este coeficiente para esta especie, además de su característica de cultivo permanente en constante producción de flores y frutos con cobertura total de suelo, se escogió un valor de 1.10 para la duración del ensayo (6 meses). Es necesario mencionar que el valor  $0.91E_c$  es equivalente a la evaporación medida en el tanque clase A, siendo  $E_c$  la evaporación producida en el Cenirrómetro que se toma de referencia para determinar el momento del riego.

Las constantes hídricas del suelo como capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) se determinaron de forma indirecta, utilizando el modelo Soil Water Characteristics del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) propuesto por Saxton y Rawls (2006), a partir de datos texturales, de la densidad aparente y del contenido de materia orgánica. Para los análisis de textura y materia orgánica se tomaron sendas muestras de suelo compuestas del área experimental en profundidades entre 0 y 10 cm, y entre 10 y 20 cm para ser enviadas al Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas de la estación experimental del Litoral Sur Enrique Ampuero (INIAP – Boliche) del Ecuador.

La lámina fácilmente aprovechable (LFA) se determinó con la ecuación 3, deducida a partir de la lámina disponible entre CC y PMP dadas en unidades gravimétricas con base en peso seco:

$$LFA = \frac{U_r (CC - PMP) D_a Z_r}{100} \quad (\text{Ecuación 3})$$

donde,  $U_r$  es el umbral óptimo de riego,  $D_a$  es la densidad aparente del suelo ( $gcm^{-3}$ ) y  $Z_r$  es la profundidad radicular efectiva (mm).

La marca que se realizó en el Cenirrómetro (ver recipiente de la derecha de las Figuras 1 y 2) se hizo según la metodología propuesta por Torres y Cruz (1995) y se definió al igualar las ecuaciones 2 y 3, para generar la expresión en función de  $E_c$  (Ecuación 4).

$$E_c = \frac{U_r (CC - PMP) D_a Z_r}{91 K_{tan} K_c} \quad (\text{Ecuación 4})$$

El valor de  $Z_r$  adoptado fue de 30 cm de profundidad, definido de forma práctica y verificado mediante una excavación en la zona de mayor aglomeración de raíces, valor que además se ajusta al criterio de profundidad radicular efectiva (Leitón, 1985). El umbral óptimo de riego  $U_r$  fue establecido en 0.25 a partir de pruebas preliminares y fue además apoyado por los tensiómetros (Grassi, 1998).

Las lecturas de evaporación se hicieron cada día y a la misma hora (07 a.m.), al igual que las lecturas de tensión hídrica del suelo. Para estas últimas se utilizaron dos tensiómetros ubicados a 1.4 m de distancia desde el tallo de una planta, en la parte central del ensayo. El primer tensiómetro se instaló a 30 cm y el segundo a 60 cm de profundidad, el primero para la decisión del riego y el segundo para valorar pérdidas por percolación profunda (Medina, 2000; Tarjuelo, 1999). Por pruebas preliminares y teniendo en cuenta las condiciones de suelo, se estableció que el momento del riego en el caso de la programación con base en el tanque clase A y los tensiómetros, se debía realizar aproximadamente cuando el vacuómetro presentaba lecturas de 20 centibares (cb).

Las variables de respuesta medidas en el cultivo fueron: la producción o número de frutos cosechados por planta, longitud y diámetro de fruto y el rendimiento de granos secos con ajuste de 7% de humedad. Estas mediciones se hicieron en 15 plantas 6 meses después del comienzo del ensayo. La selección de los árboles se hizo teniendo en cuenta características morfológicas similares, tanto en el módulo donde el riego se manejó mediante el Cenirómetro como en el que se manejó mediante la combinación de tanque evaporación clase A con tensiómetros. Es necesario indicar que los datos de las primeras tres cosechas realizadas al final del trabajo con intervalos de 15 días; mientras que el rendimiento se determinó acumulando el total de granos secos de estas tres recolecciones. Los datos fueron ana-

lizados estadísticamente mediante la prueba 't' de Student para muestras independientes con el criterio de varianzas iguales, utilizando para ello el complemento de herramientas para análisis de Microsoft Excel.

## Resultados

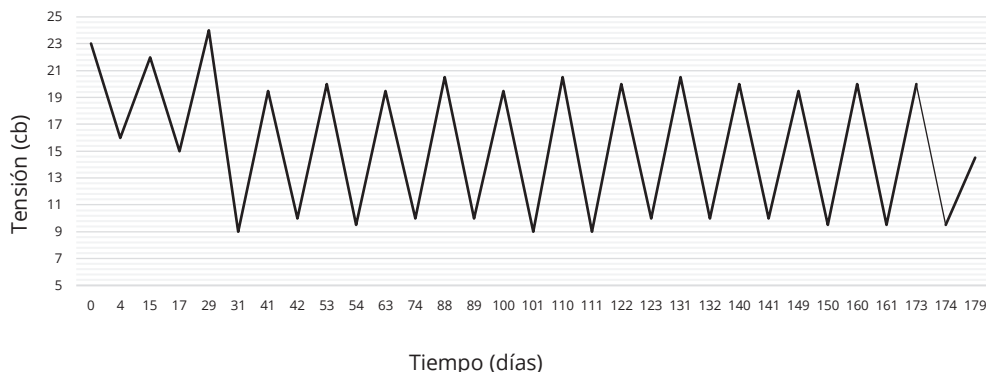
Los parámetros hidrofísicos del suelo determinados por el modelo del Soil Water Characteristics y las ecuaciones 3 y 4 se incluyen en el Tabla 1. Según los análisis de laboratorio los suelos contenían 14% de arena, 60% de limo, 22% de arcilla y 1% de materia orgánica y se clasifican de textura franco-limosa.

**Tabla 1.** Parámetros hídricos del suelo y altura en el Cenirómetro. Naranjal, Guayas, Ecuador.

Parámetro determinado	Valor
Capacidad campo (%)	22.20
Punto de marchitez permanente (%)	9.50
Densidad aparente ( $\text{gcm}^{-3}$ )	1.47
Lámina fácilmente aprovechable (LFA) (mm)	14.00
Evaporación máxima del Cenirómetro (mm)	16.00

Con los datos en el Tabla 1 y considerando la profundidad radicular efectiva de 300 mm, la lámina disponible calculada se estableció en 56 mm, de ésta, 25% (14 mm) (umbral de riego) correspondió a la lámina fácilmente aprovechable. Con estos 14 mm se definió la medida de evaporación máxima, a partir de la cual en el Cenirómetro se aplicaba el riego, obteniéndose una altura de 16 mm, siendo ésta la marca de referencia en el recipiente.

Las lecturas de tensión hídrica se mantuvieron a un límite máximo aproximado de 20 cb y se registraron hasta un mínimo de 10 cb, según se había indicado en la metodología (Figura 3). El riego con tanque clase A y tensiómetros fue establecido con distintas frecuencias, según la de-



**Figura 3.** Rangos máximos y mínimos de tensión. Naranjal, Guayas, Ecuador.

manda de evapotranspiración del cultivo. Estas lecturas de tensión permitieron tener frecuencias de riego entre 9 y 25 días.

El cultivo no mostró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre las formas de manejo de riego y las variables evaluadas (Tabla 2). No obstante, el rendimiento de grano seco fue ligeramente mayor cuando el riego se aplicó utilizando el Cenirrómetro.

**Tabla 2.** Promedios de producción y diferencias estadísticas entre las dos programaciones de riego. Naranjal. Guayas. Ecuador

Variables	Tanque clase A más tensiómetros	Cenirrómetro	P
Número de frutos por planta	3.3	3.8	0.308
Longitud de frutos (cm)	19.1	21.2	0.087
Diámetro de frutos (cm)	8.9	10.0	0.080
Rendimiento (kg/ha)	256.9	302.4	0.268

## Discusión

Según las lecturas de tensión (ver Figura 2) que sirvieron de base para manejar el método de riego tanque clase A y tensiómetros, la humedad en el suelo se mantuvo a capacidad de campo (Grassi, 1998). Esta condición explica la falta de un manejo adecuado del riego en las zonas agrícolas cacaoteras del Ecuador, con rendimiento anual promedio de solo 510 kg/ha (MAGAP, 2015); por el contrario, cuando el riego se aplicó teniendo en cuenta la relación planta – suelo – atmósfera, como se hizo en este estudio, es posible obtener, en promedio, un rendimiento de 280 kg/ha en el acumulado de las tres cosechas realizadas, con intervalos de 15 días entre cada una, es decir, un rendimiento anual de 2271 kg/ha.

En ambas metodologías las láminas de riego fueron diferentes, así, con el Cenirrómetro fue de 256 mm y con el tanque clase A más tensiómetros fue de 293.3 mm (Tabla 3). La explicación de esta diferencia podría atribuirse a que, en el caso del primer método, una vez que se realizan las marcas respectivas en el recipiente, las dosis de agua pasan a ser una función exclusiva de la capacidad de evaporar de la atmósfera, cuyas láminas de aplicación son las mismas; sin embargo, en la segunda metodología, además de la evaporación, las dosis dependieron también del comportamiento de la tensión hídrica del suelo. Por tanto, en la metodología del tanque clase A y tensiómetros, fue necesario aplicar dosis variables y relativamente altas, por tanto se asume que existió una mayor pérdida de agua por percolación.

**Tabla 3.** Consumos hídricos mensuales (mm) calculados por los métodos de Cenirrómetro y tanque clase A más tensiómetros. Naranjal, Guayas Ecuador.

Mes	Cenirrómetro	Tanque clase A con tensiómetros
Junio	32.0	36.1
Julio	48.0	49.2
Agosto	32.0	49.2
Septiembre	48.0	49.3
Octubre	48.0	61.7
Noviembre	48.0	47.8
Total	256.0	293.3

Los rendimientos obtenidos en esta investigación muestran que el riego deficitario al que se somete el cultivo en la mayoría de plantaciones cacaoteras de la costa ecuatoriana restringe la real demanda de evapotranspiración de esta especie (Allen *et al.*, 2006) y su normal asimilación de CO<sub>2</sub> (Rada, *et al.*, 2005), lo que incide de manera negativa en la producción, debido a la alta susceptibilidad que tiene del cultivo de cacao a la falta de humedad en el suelo (Enriquez, 1985) lo que se manifiesta por una baja floración causada por estrés hídrico (Carr y Lockwood, 2011).

El uso del Cenirrómetro como base para la aplicación de riego en el cultivo de cacao aparece como una opción posible, no obstante, podría tener alguna limitación al momento de realizar la marcación del nivel en el recipiente, ya que ésta depende de constantes hídricas del suelo que son únicas para cada finca y que necesariamente deberán ser determinadas para poder obtener las bondades de su funcionamiento. Una ventaja con el Cenirrómetro respecto de la metodología de programación en donde se combinó el tanque clase A y tensiómetros, es la eficiencia en el uso de agua dada por relación de los rendimientos obtenidos con los volúmenes de agua utilizados (ver Tablas 2 y 3). En el caso del Cenirrómetro, durante los 6 meses que duró el ensayo se utilizaron aproximadamente 2093 lt de agua por cada kg de grano seco producido; mientras que en el caso del tanque clase A y tensiómetros se utilizaron 2823 lt. En este sentido, aunque ambos métodos permiten responder a las preguntas de ¿cuándo y cuánto regar? (Pizarro, 1996), el mantener fija la lámina de reposición (método del Cenirrómetro) es más eficiente que el manejo del riego en donde tanto las dosis como las frecuencias son diferentes.

## Conclusiones

El método del Cenirrómetro es una alternativa válida para la programación del riego en el cultivo de cacao, permitiendo un manejo eficiente del

agua, siempre que se combine con instalaciones que faciliten un mejor control del recurso, como son los sistemas de riego por aspersión.

## Referencias

- Allen, R.; Pereira L.; Raes D. y Smith M. 2006. *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* (pp. 9, 10, 78, 79 y 112). Roma, Italia: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- Avidan, A. 1994. *Factores que influyen sobre el régimen de riego* (pp. 56). Israel: Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola Cinadco.
- Carr, M. y Lockwood, G., 2011. The water relations and irrigation requirements of cocoa *Theobroma cacao* l.): a review. *Experimental agriculture*, 47(4): 653 – 676. <https://doi.org/10.1017/S0014479711000421>
- Enriquez, G. 1985. *Curso sobre el cultivo de cacao* (pp. 47). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Recuperado de <http://hdl.handle.net/11554/1058>
- Grassi, C. 1998. *Fundamentos del riego* (pp. 10, 31 y 229). Mérida, Venezuela: Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT).
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2016. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua [ESPAC]. Recuperado de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2016/Informe%20ejecutivo%20ESPAC\\_2016.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Informe%20ejecutivo%20ESPAC_2016.pdf)
- INEC, 2016. Módulo ambiental de la encuesta de superficie y producción agropecuaria continua [ESPAC] 2016. Recuperado de: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Informacion\\_ambiental\\_en\\_la\\_agricultura/2016/informe\\_ejecutivo\\_ESPAC\\_2016.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Informacion_ambiental_en_la_agricultura/2016/informe_ejecutivo_ESPAC_2016.pdf)
- Leitón, J. 1985. *Riego y drenaje* (pp. 55). San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia (UNED).
- MAGAP, 2013. *Plan nacional de riego y drenaje 2012 – 2027* (pp. 30). Quito, Ecuador: Subsecretaría de Riego y Drenaje. Recuperado de [https://issuu.com/proyectoszch/docs/plan\\_nacional\\_de\\_riego\\_y\\_drenaje\\_20](https://issuu.com/proyectoszch/docs/plan_nacional_de_riego_y_drenaje_20)
- MAGAP. 2015. Boletín situacional del cacao. Recuperado de: [http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2016/boletin\\_situacional\\_cacao\\_2015.pdf](http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2016/boletin_situacional_cacao_2015.pdf)
- Medina, J. 2000. *Riego por goteo: teoría y práctica* (pp. 155). 4ta. Ed. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Moncayo, R. 2017. Exportación ecuatoriana de cacao. *Sabor arriba*. 14ava. Ed., pp. 27. Revista especializada en cacao de la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACAO). Recuperado de <http://www.anecacao.com/index.php/es/revista/catorceava-edicion-diciembre-2017.html-781>
- Monteros, A. y Salvador, S. 2015. Panorama Agroecológico del Ecuador, una visión del 2015. Recuperado del sitio web del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador: [http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios\\_agroeconomicos/panorama\\_agroecologico\\_ecuador2016.pdf](http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/panorama_agroecologico_ecuador2016.pdf)
- Navarro, G. y Navarro, S., 2013. *Química agrícola, química del suelo y de los nutrientes esenciales para la planta*. 3era. Ed. (pp. 51 – 54). Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Olalla, F., López, P. y Calera, A., 2005. *Agua y agronomía* (pp. 390). España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Ongley E. 1997. *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos* (pp. 11 y 44). Roma, Italia: FAO. Recuperado de [https://books.google.com.ec/books?id=LYdW3nQ3KvoC&printsec=frontcover&dq=Lucha+contra+la+contaminaci%C3%B3n+agr%C3%ADcola+de+los+recursos+h%C3%ADricos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi9h8mf\\_fDgAhUhqkKHftoAyAQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Lucha%20contra%20la%20contaminaci%C3%B3n%20agr%C3%ADcola%20de%20los%20recursos%20h%C3%ADricos&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=LYdW3nQ3KvoC&printsec=frontcover&dq=Lucha+contra+la+contaminaci%C3%B3n+agr%C3%ADcola+de+los+recursos+h%C3%ADricos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi9h8mf_fDgAhUhqkKHftoAyAQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Lucha%20contra%20la%20contaminaci%C3%B3n%20agr%C3%ADcola%20de%20los%20recursos%20h%C3%ADricos&f=false)
- Pizarro, F., 1996. *Riegos localizados de alta frecuencia* (pp. 195). España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Rada, F., Jaimez, R., García, C., Azócar, A. y Ramírez, M. 2005. Water relations and gas exchange in *Theobroma cacao* var. Guasare under periods of water deficit. *Revista de la facultad de agronomía* 22(2):112-120. Recuperado de: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_isorefypid=S0378-78182005000200002yIng=esytlng=en](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_isorefypid=S0378-78182005000200002yIng=esytlng=en)
- Saxton, K. y Rawls, W. 2006. Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* (70):1569-1578. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2005.0117>
- Tarjuelo, J. 1999. *El riego por aspersión y su tecnología*. 2da. Ed. (pp. 33). Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Torres, J. y Cruz, R. 1995. *El cenirómetro*. 2da Ed. (Serie divulgativa N° 03) (pp. 1 - 4) Cali, Colombia: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña).