



DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE CULTIVOS MAÍZ, CACAO, LIMÓN Y PLÁTANO EN EL CANTÓN SANTA ANA.

Autores: Rolando León Aguilar, Andrea López Velásquez, Walter Moreira Mera, Antonio Torres García, Eduardo Héctor Ardesana y Osvaldo Fosado Téllez
Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. Contacto: rolandoleon1959@gmail.com

RESUMEN

El trabajo se realizó en el campus de producción e investigación de la Facultad de Ingeniería Agronómica en Lodana – Santa Ana, con el objetivo de determinar los requerimientos hídricos de los cultivos de maíz, plátano, limón y cacao utilizando como herramienta el programa de cómputo Cropwat 8.0, para lo cual fue necesario la recopilación de la información relacionada con el área asignada a los cultivos en estudio, así como las propiedades hidrofísicas del suelo y los datos climáticos obtenidos en la estación meteorológica la Teodomira entre los años 2003 y 2016. Se determinaron las dosis, número e intervalos de riego de los cultivos en estudio.

En el cultivo de maíz se realizaron cálculos para dos etapas de producción, la primera establecida en los meses de junio - agosto, el programa determinó un requerimiento hídrico de 250.1 mm de agua, la segunda establecida en los meses de septiembre – noviembre, con un requerimiento de 317.5 mm de agua.

Para los cultivos de plátano, limón y cacao el programa establece requerimientos hídricos de 1132.6; 906.2 y 1153.4 mm/año, respectivamente. Los resultados

obtenidos permiten establecer la programación y planificación del riego en la zona para la operación de los sistemas de riego, así como constituir la base para del cálculo agronómico e hidráulico en el diseño de los sistemas de riego.

Palabras claves: Cropwat, Suelo, clima, Diseño agronómico e hidráulico

INTRODUCCIÓN

El sector agrícola en el Ecuador ha constituido un gran aporte para la balanza comercial del país durante los últimos años (Chávez. 2015), en ella se desenvuelve gran parte de la economía ecuatoriana. En el año 2015 constituyó una importante fuente de empleo representando un 25% de la población económicamente activa en sectores primarios (agricultura, ganadería, pesca y silvicultura). En el año 2016 la superficie agropecuaria fue de 5,39 millones de hectáreas de las cuales la provincia de Manabí participa con la mayor superficie siendo 1100138 ha que representan un 19,4% (INEC. 2016).

En el Ecuador, la producción agrícola del país bajo sistemas de riego llega a ser cinco veces mayor a los sistemas de producción en secano, aportando con un 70% de la productividad total en apenas



un 15% del área nacional de producción. Sin embargo, la mayor parte de la programación y explotación de los sistemas de riego es realizada de manera empírica, en época seca uno de los esquemas más utilizados es la aplicación de una lámina de riego fija, es decir, no se cuenta con criterios técnicos-científicos al momento de precisar cómo, cuándo y cuánto regar (Caicedo, Balmaseda y Proaño. 2015). Debido a esto se buscan estrategias para mejorar el uso de los recursos hídricos en el área agrícola (Chaterlán y Rodríguez. 2017).

La programación de riego es una metodología que permite obtener los requerimientos hídricos de los cultivos, basándose en el estado actual de la humedad del suelo y datos climáticos registrados históricamente, con el cual se puede corregir el déficit hídrico en regiones donde existe escasez de este recurso (García y Briones. 2009). En la actualidad los programas informáticos han complementado a la programación de riego, estos permiten la obtención rápida y oportuna de información necesaria para mejorar el diseño y explotación de sistemas de riego.

Para la programación de riego se pueden utilizar diferentes métodos; la ecuación de Penman-Monteith, recomendada por la FAO, a través del programa de cómputo CROPWAT (Guerrero. 2017), puede ser utilizado en diferentes patrones de cultivos, con diferentes condiciones edáficas y climáticas de zonas productoras de papa, maíz, arroz, fréjol, yuca y pastos, entre otros cultivos (Cleves, Toro y Martínez. 2016).

Guerrero (2017), manifiesta que la aplicación de la programación del riego es de gran importancia para la ejecución de sistemas de regadío, además de que la implementación del programa CROPWAT, tiene gran validez en la aplicación de este método.

HIPÓTESIS

Con la realización de la programación del riego mediante el software Cropwat, se podrá conocer los requerimientos de cultivos de interés económico y productivo en la zona del cantón Santa Ana, provincia de Manabí, lo que permitirá que se le puedan aplicar los riegos necesarios a los cultivos para garantizar las necesidades hídricas de los mismos, y con ello contribuir a alcanzar el potencial productivo de los cultivos en estudio.

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar la programación del riego para la determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos, como base para el diseño de los sistemas de riego en los cultivos de plátano (*Musa paradisiaca*), cacao (*Theobroma cacao*), limón (*Citrus limon*) y maíz (*Zea mays*) en el área de producción de la FIAG y que pueden ser generalizados en zonas aledañas al área de estudio

Objetivos específicos

1. Crear la base agroclimática para la realización de la programación de riego y la obtención de las necesidades hídricas de los cultivos como base para el diseño de los



sistemas de riego en los cultivos de plátano (*Musa paradisiaca*), cacao (*Theobroma cacao*), limón (*Citrus limon*) y maíz (*Zea mays*) en el área de producción de la FIAG.

2. Realizar la programación de riego para la determinación de las necesidades hídricas de los cultivos como base para el diseño y explotación de sistemas de riego, en los cultivos de plátano (*Musa paradisiaca*), cacao (*Theobroma cacao*), limón (*Citrus limon*) y maíz (*Zea mays*) en el área de producción de la FIAG.
3. Establecer el diseño agronómico para los cultivos maíz, plátano, cacao y limón en función de la programación de riego determinada de acuerdo con las condiciones agroclimáticas en el área de producción e investigación de la FIAG.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el área de producción e investigación de la Facultad de Ingeniería Agronómica, ubicada en la parroquia Lodana del cantón Santa Ana, Provincia de Manabí, Ecuador, a 01° 09' 51" de latitud sur y los 80° 23' 24" de longitud oeste, a una altitud de 60 msnm (INAMHI, 2016).

Para realizar el cálculo de los requerimientos hídricos, se seleccionaron las áreas asignadas para cada cultivo para lo cual se realizó un levantamiento del terreno con la utilización de un GPS. Además se obtuvo la información relacionadas con el ciclo biológico de los cultivos, etapas fenológicas, zona

radicular efectiva, coeficiente de cultivo, altura del cultivo y fechas de siembra, se estableció el marco de plantación para cada cultivo en estudio, los cuales se resumen en el anexo 1.

Datos del suelo

Para realizar la programación de riego se utilizaron los datos de suelo de acuerdo con el estudio de las propiedades hidrofísicas analizadas tales como (textura, estructura, densidad aparente, capacidad de campo y factor de agotamiento). Para la obtención de estas propiedades se realizó un análisis de suelo donde se tomaron muestras al azar de diferentes puntos del área, las mismas fueron enviadas al laboratorio de análisis de Suelo, Foliares y Agua de Agrocalidad en la ciudad de Quito, quienes emitieron los resultados, que se muestran en el anexo 2

Datos del clima

Para el desarrollo de la investigación se utilizó información climática obtenida del servicio meteorológico del INAMHI, correspondiente a la estación meteorológica La Teodomira, en una serie comprendida entre los años 2003 – 2016. Se recopiló datos generales de la estación tales como; altitud, latitud y longitud, además de datos climatológicos específicos, necesarios para la utilización del programa de cómputo Cropwat como fueron (temperatura del aire máxima y mínima, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar), con los cuales se realizó el cálculo de la Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o en mm. días⁻¹), y con ello realizar el cálculo de los



requerimientos hídricos de los cultivos estudiados. (RAC en mm)

Programación del riego para la determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos estudiados

Para la realización de la programación y obtención de los requerimientos hídricos se utilizó el software Cropwat 8.0 para Windows, que es un programa que puede ser usado para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos en base a datos climáticos y de cultivo ya sean existentes o nuevos. Además, el programa permite la elaboración de calendarios de riego para diferentes condiciones de manejo y el cálculo del esquema de provisión de agua para diferentes patrones de cultivos.

RESULTADOS

En el anexo 3 se muestran los resultados de la Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_0 en mm. días⁻¹) obtenida por el método de Penman-Monteith, a través del CROPWAT. El mayor valor de la ET_0 se produjo en el mes marzo con un promedio de 5.22 mm. días⁻¹ y el valor más bajo en el mes de junio con un promedio de 3.64 mm. días⁻¹, el resultado evidencia que los factores que mayor incidencia tienen en los valores obtenidos son: la radiación, la insolación y las temperaturas del aire. Estos valores son de vital importancia por cuanto a partir de la ET_0 y del coeficiente de los cultivos se determinan los valores de la Evapotranspiración del cultivo, y con la precipitación efectiva se podrá determinar el requerimiento hídrico del cultivo.

Requerimientos hídricos de los cultivos

El RAC (Requerimiento de hídrico del cultivo), es la cantidad de agua necesaria para reponer la pérdida por evapotranspiración del cultivo, siendo el cálculo de este parámetro un elemento fundamental para el manejo del riego. El RAC se calcula como la diferencia entre la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva. En este contexto, en el cultivo de maíz el RAC no se encuentra influenciado por la precipitación efectiva, debido a que, en los periodos calculados, no existen precipitaciones mayores a 1 mm diario, por esta razón, estos datos no fueron tomados por el CROPWAT para el cálculo del RAC, por lo que el requerimiento de agua en el maíz dependió totalmente de la evapotranspiración del cultivo.

Según los resultados obtenidos para el cultivo del maíz, en el periodo de siembra (junio – agosto), el requerimiento de agua ascendió a 250.1 mm, siendo el mes de julio (inicio de la etapa final del cultivo), el de mayor demanda de agua alcanzando el valor de 48.0 mm por decena, y el mes de junio (fin de la etapa inicial del cultivo), el de menor demanda con un requerimiento de 28.3 mm por decena como se observa en el anexo 4.

En el periodo de siembra (septiembre – noviembre) (anexo 5), el cultivo exige un total de 317.5 mm, con el mayor requerimiento de agua en el mes de octubre (inicio de la etapa final), con una demanda de 57.4 mm por decena y el menor requerimiento en el mes de noviembre (fin de la etapa final), con una demanda de 34.8 mm por decena,



coincidiendo ambos en la etapa final del cultivo. El resultado obtenido en este cultivo está influenciado directamente por la ETC, la cual depende del comportamiento de los diferentes factores climáticos de la zona objeto de estudio.

Con respecto al cultivo del plátano, el requerimiento hídrico (RAC) ascendió a 1132.6 mm. año⁻¹, (anexo 6) siendo la etapa media del cultivo la de mayor demanda con requerimientos promedios de 48.87 mm por decena y la etapa inicial la de menor exigencia con promedio de 4.83 mm por decena. Lo cual se debe en lo fundamental a que en este periodo el aporte de agua por precipitaciones es significativo, aumentando la disponibilidad de este recurso en el suelo y por ende disminuye la necesidad de riego

Con respecto a los cítricos poseen ciertas características que los vuelven menos exigentes en la aplicación de agua en comparación con otros cultivos, estos soportan mayores periodos de estrés hídricos que otras especies. Los requerimientos de agua para este cultivo en el periodo analizado son de 906.2 mm por año, este cultivo es más exigente en la etapa final con requerimientos de 39.37 mm por decena, y sus requerimientos más bajos en la etapa inicial con 1.38 mm por decena (anexo 7).

Para el cultivo del cacao una programación adecuada del riego es de vital importancia para alcanzar el máximo potencial productivo. De acuerdo con los resultados obtenidos de la programación del riego mediante el CROPWAT el requerimiento hídrico de este cultivo para la zona asciende a 1153.4 mm por año, siendo las etapas media y final las más

exigentes en cuanto a las necesidades de agua, con requerimientos medios de 44,27 mm por decenas. En la etapa inicial las necesidades se cubren casi en su totalidad por parte de las prestaciones según se muestra en el anexo 8. Sin embargo, en las etapas media y final el riego jugará un papel fundamental, mediante éste se podrá cubrir los requerimientos hídricos del cultivo. En la etapa media las necesidades del cultivo ascienden a 4,23 mm. días⁻¹ y en la etapa final a 4,66 mm. días⁻¹

Programación de riego

En el anexo 9 se observan los indicadores que muestran los resultados de las variantes de la programación del riego determinadas por el Cropwat para los cultivos en estudio. La programación del riego generada muestra las necesidades hídricas del cultivo en cada una de sus etapas (inicio, desarrollo, media y final), determinando la cantidad de riegos necesarios en cada una de ellas, los mismos que fueron establecidos en intervalos de 3 días, generando de esta forma fechas exactas de aplicación de agua durante los periodos de tiempo que el cultivo lo requiera.

Para el cultivo de maíz, al igual que los RAC, las fechas de aplicación de riego fueron establecidas en dos periodos: el primero desde el 1 de junio hasta el 9 de agosto y el segundo desde el 1 de septiembre hasta el 9 de noviembre, obteniendo durante toda la etapa del cultivo en los periodos evaluados un total de 20 y 26 riegos respectivamente.

En el periodo (junio – agosto), las láminas netas y bruta total ascienden a 223.9 y



263.4 mm respectivamente, determinando que para las etapas: inicial, desarrollo, media y final, láminas netas y brutas sean de 7.95 y 9.38; 13.87 y 16.31 y 14.65 y 17.2 mm, respectivamente. Para el periodo (septiembre – noviembre), las láminas netas y bruta total ascienden a 315.3 y 370.9 mm. Con láminas promedio por etapas de desarrollo de 8.42 y 9.91; 14.8 y 17.41 y 16.15 y 19 mm, respectivamente.

Con respecto al cultivo del plátano, se plantean un total de 114 riegos, para satisfacer un requerimiento hídrico de 1500.6 mm en todo el año. Las láminas neta y bruta ascienden a 1518.6 y 1786.6 mm respectivamente, con dosis netas por periodos de 11.23; 15.23 y 14,2 mm y dosis brutas de riego por periodos de 13.21; 17.91 y 16.7 mm respectivamente.

De acuerdo con los resultados de la programación de riego para del limón se proponen 95 riegos durante las diferentes etapas con un requerimiento total de 1242.5 mm de agua, con una lámina neta total de 1271.2 mm y lámina bruta total de 1495.5 en todas las etapas.

En el cultivo de cacao el programa determinó un total de 117 riego para todas sus etapas, con lámina neta y bruta total de 1547.3 y 1820.4, mm respectivamente.

Los resultados obtenidos de la programación del riego a partir de los datos de suelo, cultivo y climáticos evidencian la necesidad del riego para cubrir los requerimientos hídricos de los cultivos estudiados, donde el número de riego son altos, tanto en el maíz, un cultivo de ciclo; así como para los cultivos perennes evaluados, lo que evidencia la

necesidad de la selección métodos de riego adecuados y que tengan una alta eficiencia donde se pueda lograr bajar los costos del riego.

DISCUSIÓN

En lo que corresponde al cultivo de maíz, los resultados se asemejan al requerimiento de agua obtenidos por Arteaga y Vásquez (2011), los cuales manifiestan que el cultivo de maíz responde con requerimientos de 324 mm por temporada. Valdivieso (2017) reporta necesidades hídricas para el plátano ascendentes a 1.574,40 mm/año. Mientras que en el cultivo de limón recomienda dosis de 1.449,60 mm anuales. Con respecto al cultivo del cacao el INIAP (2010), recomienda dosis netas en la zona de Manabí, ascendentes a los 1.500 y 2.500 mm por año.

CONCLUSIONES

1. Los resultados de la programación del riego evidenciaron que en la zona de Santa Ana los requerimientos hídricos del cultivo del maíz, plátano, limón y cacao no son cubiertas por las precipitaciones, por lo que será necesario cubrir parte de estos requerimientos mediante el riego. Para el cultivo del maíz, además, los requerimientos hídricos están condicionados por la época de siembra, siendo superiores entre los meses de septiembre a noviembre.
2. Los cultivos del plátano, limón y cacao de acuerdo con la programación del riego realizada mediante el Cropwat 8.0, necesitarán la aplicación de 114; 95 y 117 riegos respectivamente para



cubrir un requerimiento hídrico de 1500.6; 1242.5 y 1535.2 mm por campaña respectivamente.

LITERATURA CITADA

1. Caicedo, O; Balmaseda, C y Proaño J. (2015). Programación del riego del banano (*Musa paradisiaca*) en finca San José 2, Los Ríos, Ecuador. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 24, No. 2. (en línea). consultado el 26 de mayo del 2017. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v24n2/rcta03215.pdf>
2. Chávez, L. (2015). La Producción Agrícola Del Ecuador: Exportación Del Banano, Cacao Y Café Y Su Incidencia En La Balanza Comercial Del Ecuador, Periodo: 2008-2012. Universidad De Guayaquil. Facultad De Ciencias Económicas. Tesis Para Optar Por El Título De Economista. p. 86. (en línea). consultado el 2 de junio del 2017. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/9145>
3. Chaterlán, Y. y Rodríguez, Y. (2017). Propuesta para mejorar la explotación de los sistemas de riego en una Cooperativa de Producción Agropecuaria. Revista Ingeniería Agrícola. Vol. 7, No. 1. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://dima.chapingo.mx/revista/Vol_7_n_1_2017/pdf/IA04117.pdf
4. García, C y Briones, S. (2009). Sistemas de riego por aspersión y goteo. ¿Cuánto y cuando regar? Aspectos fundamentales de la irrigación. Trillas. 2da ed. pag. 18-27.
5. Guerrero, M. (2017). Disponibilidad hídrica y predicción del rendimiento de *Zea mays* L. (Poaceae) “maíz” y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) “espárrago” en el valle Jequetepeque, Perú. Revista Arnaldoa. Vol. 24, No. 1. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/apartado/NR40374.pdf>
6. Gonzales, F. (2011) El cultivo del limón persa (*citrus latifolia tanaka*) en el estado de Veracruz. p.62. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario1/Desktop/TEESIS%20DE%20ANDREA%20Y%20WALTER/DOC.%20LIMON/003.%20LIMON.pdf>
7. INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo). (2016). Encuesta De Superficie Y Producción Agropecuaria Continua. (en línea). consultado el 20 de mayo del 2017. Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Presentacion%20ESPAC%202016.pdf
8. INIAP (Instituto Nacional Autónomo De Investigaciones Agropecuarias). (2010). manejo técnico del cultivo de cacao en Manabí. Manual N° 5. Manta. Ecuador. p.149. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: <http://www.iniap.gob.ec/web/wp-content/uploads/2015/09/1599.pdf>
9. Medina, j; Sauls, j; Wiedenfeld, R y Shad, N. (2008). Los impactos del riego de cítricos en el valle del rio



- grande. p.16. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: <http://aglifesciences.tamu.edu/baen/wp-content/uploads/sites/24/2017/01/B-6205S-Impacts-of-Irrigation-on-Citrus-Spanish-version.pdf>
10. Mendoza, M y Rodríguez W. (2012). Evaluación Post - Implementación De Un Sistema De Riego Por Aspersión En El Cultivo De Cacao (*Theobroma cacao* L.) En La ESPAM – MFL. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí ESPAM “MFL”. p. 102. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: <http://181.196.143.6/bitstream/42000/26/1/Mendoza%20Vera%20Mar%C3%ADa%20Rodríguez.pdf>
11. Vélez, J; Álvarez, J y Alvarado, O. (2012). El Estrés Hídrico en Cítricos (*Citrus* spp.): Una revisión. Artículo de revisión. Vol. 16, No. 2. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v16n2/v16n2a04.pdf>



ANEXOS

Anexo 1. Datos de los cultivos para la programación de riego (CB= ciclo biológico, Zr= zona radicular efectiva, Kc= coeficiente del cultivo). Fuente: Allen, R.; Pereira, L.; Dirk R. y Smith M. y Fuentes, J. y García, G.

Parámetros/ cultivos	UM	Tecnología riego por Goteo	Tecnología riego Microaspersión	Tecnología riego por Goteo	Tecnología riego por Goteo
Cultivos		Maíz	Plátano	Cítrico	Cacao
Marco de plantación o siembra		0.25 x 0.30 x 0.70 m	1.30; 1.60; 2.0 y 2.60 m x 2 m: 1.30; 1.60; 2.0 y 2.60 m x 3m	6 x 6	3 x 3
CB	Días	120	365	365	365
Etapas	Días	20; 30 y 20	120; 60; 180 y 5	60; 90; 120 y 95	60; 90; 120 y 95
Zr	m	0.15; 0.30 y 0.40	0.20 a 0.40	0.20 a 0.40	0.20 a 0.40
Kc		0.80; 1.15 y 0.70	0.90; 1.20 y 1.20	0.80; 1.0 y 1.0	1.0; 1.15 y 1.15
Altura del cultivo	M	2.30	3.5	3.5	3.5
Fechas de siembra y de aplicación del riego		1 ^{er} periodo: Junio-agosto 2 ^{do} periodo: septiembre- noviembre			

Anexo 2. Propiedades hidrofísicas del suelo en el área de estudio (que se obtuvieron a través de un análisis de suelo en el laboratorio de análisis de suelo, foliares y agua de Agrocalidad en la ciudad de Tumbaco-Quito).

Parámetro	UM	Resultados
Textura del suelo Porcentaje de arena, limo y arcilla	%	20, 38 y 42
Humedad a capacidad de campo	(% del Pss)	36.48
Densidad aparente	g/cm ³	1.30
Humedad en el punto de Marchitez	(% del Pss)	19.83
Velocidad de infiltración del suelo	(mm/h)	10
Factor de agotamiento		0.30



Anexo 3. Determinación de la ET_0 (evapotranspiración del cultivo de referencia) por el método de Penman-Monteith

Mes	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Humedad relativa	Velocidad del viento	Insolación	Radiación solar	ET_0 Evapotranspiración del cultivo de referencia
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m ² /día	mm/día
Enero	22.6	30.6	81	0.8	6.5	19.0	3.95
Febrero	22.7	30.9	83	0.7	7.5	21.2	4.31
Marzo	23.2	31.7	82	0.7	10.4	25.9	5.22
Abril	23.0	31.6	83	0.7	10.8	25.6	5.12
Mayo	22.6	30.9	82	0.9	9.7	22.5	4.50
Junio	21.7	29.9	83	0.8	7.2	18.2	3.64
Julio	21.4	29.5	80	0.9	8.6	20.5	3.98
Agosto	21.3	30.0	78	1.0	9.9	23.5	4.58
Septiembre	21.5	31.0	76	1.2	10.0	24.8	5.01
Octubre	21.0	31.2	76	1.0	9.5	24.2	4.89
Noviembre	21.8	30.5	75	1.1	9.7	23.9	4.82
Diciembre	21.7	31.2	77	1.1	8.2	21.3	4.42
Promedio	22.0	30.8	80	0.9	9.0	22.5	4.54

Anexo 4. Determinación de los requerimientos de agua del cultivo de maíz en los meses junio – agosto. (K_c =Coeficiente del cultivo; ET_c =Evapotranspiración del cultivo; Prec. efec. =Precipitación efectiva y Req Riego= Requerimiento de riego).

Mes	Década	Etapas	K_c	ET_c mm/día	ET_c mm/dec	Prec. fec mm/dec	Req. Riego mm/dec
Junio	1	Inicial	0.80	3.09	30.9	0.0	30.9
Junio	2	Inicial	0.80	2.83	28.3	0.0	28.3
Junio	3	Desarrollo	0.87	3.20	32.0	0.0	32.0
Julio	1	Desarrollo	0.99	3.84	38.4	0.0	38.4
Julio	2	Medio	1.05	4.17	41.7	0.0	41.7
Julio	3	Fin	1.04	4.36	48.0	0.0	48.0
Agosto	1	Fin	0.78	3.43	30.9	0.0	30.9
Total					250.1	0.0	250.1



Anexo 5. Determinación de los requerimientos de agua del cultivo de maíz en los meses septiembre – noviembre. (Kc=Coeficiente del cultivo; ETc =Evapotranspiración del cultivo; Prec. efec. =Precipitación efectiva y Req Riego= Requerimiento de riego).

Mes	Década	Etap	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Septiembre	1	Inicial	0.80	3.89	38.9	0.0	38.9
Septiembre	2	Inicial	0.80	4.01	40.1	0.0	40.1
Septiembre	3	Desarrollo	0.88	4.35	43.5	0.0	43.5
Octubre	1	Desarrollo	1.01	5.00	50.0	0.0	50.0
Octubre	2	Medio	1.08	5.26	52.6	0.0	52.6
Octubre	3	Fin	1.07	5.22	57.4	0.0	57.4
Noviembre	1	Fin	0.80	3.87	34.8	0.0	34.8
Total					317.5	0.0	317.5

Anexo 6. Requerimiento de agua del cultivo de plátano (Kc=Coeficiente del cultivo; ETc =Evapotranspiración del cultivo; Prec. efec. =Precipitación efectiva y Req Riego= Requerimiento de riego).

Mes	Década	Etap	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
				mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Enero	1	Inicial	0.90	3.69	36.9	25.7	11.2
Enero	2	Inicial	0.90	3.55	35.5	31.9	3.7
Enero	3	Inicial	0.90	3.66	40.3	34.7	5.6
Febrero	1	Inicial	0.90	3.77	37.7	37.6	0.2
Febrero	2	Inicial	0.90	3.88	38.8	41.0	0.0
Febrero	3	Inicial	0.90	4.15	33.2	42.1	0.0
Marzo	1	Inicial	0.90	4.48	44.8	44.2	0.7
Marzo	2	Inicial	0.90	4.79	47.9	46.2	1.7
Marzo	3	Inicial	0.90	4.73	52.0	42.9	9.1
Abril	1	Inicial	0.90	4.64	46.4	40.6	5.8
Abril	2	Inicial	0.90	4.61	46.1	38.6	7.5
Abril	3	Inicial	0.90	4.43	44.3	30.1	14.2
Mayo	1	Desarrollo	0.92	4.33	43.3	19.4	23.8
Mayo	2	Desarrollo	0.95	4.29	42.9	10.9	32.0
Mayo	3	Desarrollo	0.99	4.16	45.8	8.7	37.1
Junio	1	Desarrollo	1.02	3.95	39.5	6.5	33.0
Junio	2	Desarrollo	1.06	3.74	37.4	3.2	34.2
Junio	3	Medio	1.09	4.02	40.2	3.5	36.8
Julio	1	Medio	1.10	4.27	42.7	4.3	38.3
Julio	2	Medio	1.10	4.40	44.0	4.3	39.6
Julio	3	Medio	1.10	4.62	50.8	3.1	47.7
Agosto	1	Medio	1.10	4.83	48.3	1.4	47.0
Agosto	2	Medio	1.10	5.05	50.5	0.1	50.5
Agosto	3	Medio	1.10	5.21	57.3	0.2	57.1
Septiembre	1	Medio	1.10	5.37	53.7	0.5	53.2
Septiembre	2	Medio	1.10	5.53	55.3	0.5	54.8
Septiembre	3	Medio	1.10	5.48	54.8	0.6	54.3
Octubre	1	Medio	1.10	5.44	54.4	0.6	53.8
Octubre	2	Medio	1.10	5.39	53.9	0.7	53.2
Octubre	3	Medio	1.10	5.37	59.1	0.6	58.5
Noviembre	1	Medio	1.10	5.35	53.5	0.1	53.4
Noviembre	2	Medio	1.10	5.33	53.3	0.0	53.3



Noviembre	3	Medio	1.10	5.18	51.8	1.1	50.6
Diciembre	1	Medio	1.10	5.03	50.3	8.7	41.6
Diciembre	2	Medio	1.10	4.88	48.8	12.8	36.0
Diciembre	3	Fin	1.11	4.72	51.9	18.8	33.1
Total					1687.5	566.0	1132.6

Anexo 7. Determinación de requerimiento de agua del cultivo de cítrico (limón)

(Kc=Coeficiente del cultivo; ETc =Evapotranspiración del cultivo; Prec. efec. =Precipitación efectiva y Req Riego= Requerimiento de riego).

Mes	Década	Etap	Kc	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Enero	1	Inicial	0.80	3.28	32.8	25.7	7.1
Enero	2	Inicial	0.80	3.16	31.6	31.9	0.0
Enero	3	Inicial	0.80	3.25	35.8	34.7	1.2
Febrero	1	Inicial	0.80	3.35	33.5	37.6	0.0
Febrero	2	Inicial	0.80	3.45	34.5	41.0	0.0
Febrero	3	Inicial	0.80	3.69	29.5	42.1	0.0
Marzo	1	Desarrollo	0.80	4.01	40.1	44.2	0.0
Marzo	2	Desarrollo	0.82	4.34	43.4	46.2	0.0
Marzo	3	Desarrollo	0.83	4.34	47.7	42.9	4.8
Abril	1	Desarrollo	0.84	4.31	43.1	40.6	2.6
Abril	2	Desarrollo	0.85	4.34	43.4	38.6	4.8
Abril	3	Desarrollo	0.86	4.22	42.2	30.1	12.1
Mayo	1	Desarrollo	0.87	4.09	40.9	19.4	21.4
Mayo	2	Desarrollo	0.88	3.95	39.5	10.9	28.6
Mayo	3	Medio	0.89	3.75	41.2	8.7	32.5
Junio	1	Medio	0.89	3.45	34.5	6.5	28.0
Junio	2	Medio	0.89	3.16	31.6	3.2	28.4
Junio	3	Medio	0.89	3.29	32.9	3.5	29.5
Julio	1	Medio	0.89	3.46	34.6	4.3	30.2
Julio	2	Medio	0.89	3.56	35.6	4.3	31.3
Julio	3	Medio	0.89	3.74	41.1	3.1	38.0
Agosto	1	Medio	0.89	3.91	39.1	1.4	37.8
Agosto	2	Medio	0.89	4.09	40.9	0.1	40.8
Agosto	3	Medio	0.89	4.22	46.4	0.2	46.2
Septiembre	1	Medio	0.89	4.35	43.5	0.5	43.0
Septiembre	2	Medio	0.89	4.48	44.8	0.5	44.3
Septiembre	3	Fin	0.90	4.46	44.6	0.6	44.1
Octubre	1	Fin	0.91	4.48	44.8	0.6	44.2
Octubre	2	Fin	0.91	4.45	44.5	0.7	43.8
Octubre	3	Fin	0.91	4.43	48.7	0.6	48.1
Noviembre	1	Fin	0.91	4.41	44.1	0.1	44.0
Noviembre	2	Fin	0.91	4.39	43.9	0.0	43.9
Noviembre	3	Fin	0.91	4.27	42.7	1.1	41.5
Diciembre	1	Fin	0.91	4.15	41.5	8.7	32.8
Diciembre	2	Fin	0.91	4.02	40.2	12.8	27.4
Diciembre	3	Fin	0.91	3.88	42.7	18.8	23.9
Total					1441.9	566.0	906.2



Anexo 8. Requerimiento de agua del cultivo de cacao (Kc=Coeficiente del cultivo; ETc =Evapotranspiración del cultivo; Prec. efec. =Precipitación efectiva y Req Riego= Requerimiento de riego).

Mes	Década	Etap	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
				(mm/día)	(mm/dec)	(mm/dec)	(mm/dec)
Enero	1	Inicial	1.00	4.11	41.1	25.7	15.3
Enero	2	Inicial	1.00	3.95	39.5	31.9	7.6
Enero	3	Inicial	1.00	4.07	44.8	34.7	10.1
Febrero	1	Inicial	1.00	4.19	41.9	37.6	4.3
Febrero	2	Inicial	1.00	4.31	43.1	41.0	2.2
Febrero	3	Inicial	1.00	4.61	36.9	42.1	0.0
Marzo	1	Desarrollo	1.00	4.99	49.9	44.2	5.7
Marzo	2	Desarrollo	1.01	5.36	53.6	46.2	7.4
Marzo	3	Desarrollo	1.01	5.32	58.5	42.9	15.6
Abril	1	Desarrollo	1.02	5.24	52.4	40.6	11.9
Abril	2	Desarrollo	1.02	5.24	52.4	38.6	13.8
Abril	3	Desarrollo	1.03	5.05	50.5	30.1	20.4
Mayo	1	Desarrollo	1.03	4.86	48.6	19.4	29.2
Mayo	2	Desarrollo	1.04	4.66	46.6	10.9	35.7
Mayo	3	Medio	1.04	4.39	48.3	8.7	39.5
Junio	1	Medio	1.04	4.03	40.3	6.5	33.8
Junio	2	Medio	1.04	3.69	36.9	3.2	33.7
Junio	3	Medio	1.04	3.85	38.5	3.5	35.0
Julio	1	Medio	1.04	4.04	40.4	4.3	36.0
Julio	2	Medio	1.04	4.16	41.6	4.3	37.2
Julio	3	Medio	1.04	4.36	48.0	3.1	44.9
Agosto	1	Medio	1.04	4.57	45.7	1.4	44.3
Agosto	2	Medio	1.04	4.78	47.8	0.1	47.7
Agosto	3	Medio	1.04	4.93	54.2	0.2	54.0
Septiembre	1	Medio	1.04	5.08	50.8	0.5	50.3
Septiembre	2	Medio	1.04	5.23	52.3	0.5	51.8
Septiembre	3	Fin	1.05	5.21	52.1	0.6	51.5
Octubre	1	Fin	1.06	5.22	52.2	0.6	51.6
Octubre	2	Fin	1.06	5.18	51.8	0.7	51.1
Octubre	3	Fin	1.06	5.16	56.7	0.6	56.1
Noviembre	1	Fin	1.06	5.14	51.4	0.1	51.3
Noviembre	2	Fin	1.06	5.11	51.1	0.0	51.1
Noviembre	3	Fin	1.06	4.97	49.7	1.1	48.6
Diciembre	1	Fin	1.06	4.83	48.3	8.7	39.6
Diciembre	2	Fin	1.06	4.69	46.9	12.8	34.1
Diciembre	3	Fin	1.06	4.52	49.7	18.8	30.9
Total					1714.1	566.0	1153.4



Anexo 9. Indicadores de programación del riego obtenidos en el Cropwat

Cultivo	No. riegos	Lámina neta (mm)	Precipitación Efectiva (mm)	Lámina bruta (mm)	Déficit (mm)	Requerimientos Real Riego (mm)
Maíz (junio- agosto)	20	223.9	24.7	263.4	6.9	221.9
Maíz (septiembre- noviembre)	26	315.3	3.2	370.9	3.9	310.4
Plátano	114	1518.6	159.4	1786.6	0.0	1500.6
Limón	95	1271.2	180.1	1495.5	0.0	1242.5
Cacao	117	1547.3	158.9	1820.4	11.4	1535.2