UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRONÓMO

TEMA:

"PROGRAMACIÓN PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO EN LOS CULTIVOS DE PLÁTANO, CACAO, LIMÓN Y MAÍZ EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN E INVESTIGACIÓN DE LA FIAG"

AUTORES
ANDREA ABIGAIL LÓPEZ VELÁSQUEZ
WALTER ADRIÁN MOREIRA MERA

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. ROLANDO VENANCIO LEÓN AGUILAR

SANTA ANA – MANABÍ – ECUADOR

2018

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

CARRERA DE AGRONOMÍA

TEMA:

“PROGRAMACIÓN PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO EN LOS CULTIVOS DE PLÁTANO, CACAO, LIMÓN Y MAÍZ EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN E INVESTIGACIÓN DE LA FIAG”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRONÓMO

AUTORES
ANDREA ABIGAIL LÓPEZ VELÁSQUEZ
WALTER ADRIÁN MOREIRA MERA

DIRECTOR:

Dr. ROLANDO VENANCIO LEÓN AGUILAR

SANTA ANA – MANABÍ – ECUADOR

2018

UNIVERSIDAD TECNICA DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA

Tema: "Programación para el diseño de sistemas de riego en los cultivos de plátano, cacao, limón y maíz en el área de producción e investigación de la FIAG"

TESIS DE GRADO

Sometida a consideración del Tribunal de Revisión y Evaluación de Trabajo de Titulación y Legalizada por el Honorable Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADO POR:

_____

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

_____

PROFESOR/A MIEMBRO

_____

PROFESOR/A MIEMBRO

CERTIFICACIÓN

Ingeniero Agrónomo

Dr. ROLANDO VENANCIO LEÓN AGUILAR Ph.D

Certifica

Que el trabajo de titulación **"Programación para el diseño de sistemas de riego en los cultivos de plátano, cacao, limón y maíz en el área de producción e investigación de la FIAG",** es trabajo original de los egresados, Andrea Abigail López Velásquez y Walter Adrián Moreira Mera, el cual fue realizado bajo mi dirección.

Dr. Rolando Venancio León Aguilar Ph.D

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICACIÓN

Ingeniero Agrónomo

Edisson Cuenca Cuenca Mg. Sc.

Certifica

Que el trabajo de titulación **"Programación para el diseño de sistemas de riego en los cultivos de plátano, cacao, limón y maíz en el área de producción e investigación de la FIAG",** es trabajo original de los egresados, Andrea Abigail López Velásquez y Walter Adrián Moreira Mera, el cual fue realizado bajo mi dirección.

Ing. Edisson Cuenca Cuenca Mg. Sc

REVISOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dedicar esta meta cumplida a Dios por darme todas las bendiciones y fuerzas para seguir adelante en este proceso.

A mis padres, Plutarco Moreira y Carmen Mera, quienes han sido siempre un pilar fundamental en mi vida, un verdadero ejemplo de familia, de trabajo y de superación; este éxito es gracias a ellos por brindarme siempre sus consejos y apoyo incondicional.

A mis hermanos, por su paciencia y por apoyarme en cada proceso durante mi formación académica.

De una manera muy especial a mi querida novia Ing. Leidy Sancan, por ser un apoyo incondicional durante todo este proceso, quien siempre ha estado ahí para animarme y ayudarme a seguir adelante.

A mis familiares y amigos, que de una u otra forma han contribuido durante mi proceso de formación.

Atentamente

Walter Moreira

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni la fé para no desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. A mi madre por su apoyo incondicional, sus concejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos críticos que pase, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. A mi esposo la persona que Dios puso en mi camino para que fuese mi apoyo mi ayuda idónea gracias por todo amor mío. A mi hija mi princesa, Dios me la regalo y eres una bendición en nuestras vidas. Ustedes son mi valor, mis fuerzas para seguir adelante con mis objetivos.

Gracias también a mi compañero de tesis, por su ayuda, su apoyo y comprensión durante la elaboración de este trabajo, como no agradecer a mi tutor muchas gracias por brindarnos sus conocimientos y su afecto: WALTER MOREIRA, DR. ROLANDO LEÓN.

Atentamente

Andrea López

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, por darnos la oportunidad de una formación académica en la cual hemos forjado nuestro conocimiento día a día.

A nuestro tutor, el Ing. Rolando León, quien desde un inicio tuvo la predisposición de ayudarnos a realizar este trabajo, por el aporte de sus conocimientos y guiarnos con sus consejos y sugerencias a la investigación.

A nuestro revisor, el Ing. Edisson Cuenca por sus sabios consejos y apoyo al trabajo.

Se les agradece de manera muy comedida a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronomica.

INDICE GENERAL

RESUMEN .....
I. INTRODUCCIÓN.....1
II. PROBLEMA 3
III. ANTECEDENTES.....4
IV. JUSTIFICACIÓN.....6
V. OBJETIVOS.....7
6.1 GENERAL.....7
6.2 ESPECÍFICOS.....7
VI. MARCO REFERENCIAL 8
7.1 Agricultura en Ecuador.....8
7.2 Principales cultivos.....8
7.3 La agricultura de secano 8
7.4 Agricultura bajo riego.....9
7.5 Métodos de riego 9
7.6 Diseño de sistemas de riego.....9
7.7 Programación del riego.....10
7.8 Métodos de programación 11
7.9 CROPWAT, método para la programación de riego.....11
7.10 Riego en el cultivo de plátano 12
7.11 Requerimientos hídricos del plátano 13
7.12 Métodos y tecnologías de riego utilizadas en el plátano 13
7.13 Riego en el cultivo de cacao 14
7.14 Requerimientos hídricos del cacao 14
7.15 Métodos y tecnologías de riego utilizadas en el cacao.....15
7.16 Riego en el cultivo de limón.....16
7.17 Requerimientos hídricos del limón.....17
7.18 Métodos y tecnologías de riego utilizadas en el limón.....18
7.19 Riego en el cultivo de maíz 19
7.20 Necesidades hídricas del cultivo de maíz 19
7.21 Métodos y tecnologías de riego utilizadas en el maíz 19
VII. DISEÑO METODOLOGICO 21
8.1 UBICACIÓN 21

8.2 METODOLOGÍA.....21
8.2.1 Datos generales de la unidad 21
8.2.2 Datos de la fuente de agua.....21
8.2.3 Datos de cultivos 22
8.2.4 Datos del suelo 23
8.2.5 Datos del clima 23
8.2.6 Programación del riego para la determinación de las necesidades hídricas de los cultivos plátano, cacao, limón y maíz, en el área de producción de la FIAG. 24
8.2.7 Programación de riego en los cultivo. 25
8.2.8 Establecimiento del diseño agronómico e hidráulico para los cultivos de plátano, cacao y limón.....25
8.2.9 Datos de la fuente de agua.....25
8.2.10 Determinación de los parámetros agronómicos e hidráulicos de cada una de las tecnologías de riego propuesto.....27
VIII. RESULTADOS.....31
9.1 Definición de las áreas de desarrollo y las tecnologías de riego 31
9.2 Base agroclimática para la obtención de las necesidades hídricas de los cultivos y la realización de la programación de riego. 32
9.3 Calculo de la ET0 34
9.4 Requerimientos de agua de los cultivos 35
9.5 Programación De Riego.....40
9.6 Establecimiento del diseño agronómico e hidráulico para los cultivos maíz, plátano, cacao y limón 42
IX. DISCUSIÓN.....46
X. CONCLUSIONES.....47
XI. RECOMENDACIONES 48
XII. BIBLIOGRAFÍA.....49
XIII. ANEXOS.....56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Datos de Temperatura Máxima y Temperatura Mínima 33
Figura 2. Datos de Precipitación, Evaporación y Humedad Relativa 34
Figura 3. Datos de velocidad del viento y horas luz 34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos generales del área 21
Tabla 2. Análisis de agua 21
Tabla 3. Datos generales de los cultivos 22
Tabla 4. Análisis de suelo 23
Tabla 5. Base de datos climáticos obtenidos en la estación meteorológica la Teodomira 24
Tabla 6. Caudal y carga de las tomas existentes 25
Tabla 7. Parámetros técnicos para la tecnología de riego por goteo en cítrico (Limón) 26
Tabla 8. Parámetros técnicos para la tecnología de riego por goteo en cacao 26
Tabla 9. Parámetros técnicos para la tecnología de riego por Microaspersión en plátano 26
Tabla 10. Calculo de la ET0 con el método de Penman-Monteith 35
Tabla 11. Requerimiento de agua del cultivo de maíz (Junio – Agosto) 36
Tabla 12. Requerimiento de agua del cultivo de maíz (septiembre – noviembre) 37
Tabla 13. Requerimiento de agua del cultivo de plátano 37
Tabla 14. Requerimiento de agua del cultivo de cítricos (limón) 38
Tabla 15. Requerimiento de agua del cultivo de Cacao 39
Tabla 16. Indicadores de programación del riego obtenidos en el CROPWAT 42
Tabla 17. Parámetros agronómicos del sistema para el cultivo del limón y el cacao 42
Tabla 18. Parámetros agronómicos del sistema para el cultivo del plátano 43
Tabla 19. Recursos necesarios para la repotencialización de las áreas y desarrollo de actividades docentes e investigativas 44
Tabla 20. Recursos necesarios para la repotencialización de las áreas y desarrollo de actividades docentes e investigativas. 45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Esquema del área..... 56
Anexo 2. Programación de riego para el cultivo de maíz (junio – agosto)..... 57
Anexo 3. Programación de riego para el cultivo de maíz (septiembre - noviembre) 57
Anexo 4. Programación de riego para el cultivo de plátano..... 58
Anexo 5. Programación de riego para el cultivo de limón 60
Anexo 6. Programación de riego para el cultivo de cacao..... 62

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 computo CROPWAT 8.0, para lo cual fue necesario la recopilación de información relacionad con las áreas asignadas a los cultivos en estudios, propiedades hidrofisicas de los suelos y 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 climáticas de producción, la primera establecida en los meses de Junio - Agosto, donde el programa determinó una demanda de 250.1 mm de agua, la segunda establecida en los meses de Septiembre – Noviembre, en el cual se determinó requerimientos de 317.5 mm de agua. Para los cultivos de plátano, limón y cacao el programa establece requerimientos hídricos de 1132.6 mm, 906.2 mm y 1153.4 mm/año, respectivamente. Con los cálculos realizados se estableció la programación y planificación del riego para plátano, limón y cacao, siendo la base para los diseños agronómicos e hidráulicos de las áreas a repotencializar los sistemas de riego en la Facultad de Ingeniería Agronómica de los cultivos estudiados. Se propuso el establecimiento de riego por goteo en los cultivos de cacao y limón, y microaspersión en el cultivo de plátano, con esto se cumplirá con la programación determinada de la aplicación del programa CROPWAT.

Palabras claves: CROPWAT, requerimientos hídricos, programación, dosis, número e intervalos de riego.

SUMMARY

The work has carried out in the campus of production and investigation of the Faculty of Agronomic Engineering in Lodana- Santa Ana , with the aim to determine the water requirements of maize, banana, lemon and cocoa, crops using as tool the program of calculation CROPWAT 8.0, for which was necessary the summary of information related to areas assigned to the studied crops cultures in hydrophysical properties of the soils and climatic information obtained in the meteorological station the Teodomira between the year 2003 and 2016. There decided the doses, number and intervals of irrigation of the crops in study. In the culture of maize calculations were realized for two climatic stages of production, the first one established in June - August, where the program determined a demand of 250.1 mm of water, the second one established in September - November, in which one determined requirements of 317.5 mm of water. For the crops of banana, lemon and cocoa the program establishes water requirements of 1132.6 mm, 906.2 mm and 1153.4 mm / year, respectively. With the realized calculations there was established the programming and planning of the irrigation for banana, lemon and cocoa, being the base for the agronomic and hydraulic designs of the areas to re-promoting the systems of irrigation in the Faculty of Agronomic Engineering of the studied cultures. One proposed the establishment of irrigation for drip in the cultures of cocoa and lemon, and microaspersion in the culture of banana, with this it will be fulfilled by the programming determined of the application of the program CROPWAT.

Key words: CROPWAT, water requirements, programming, the doses, number and intervals of irrigation.

I. 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) y en la última década ha tenido una participación en el PIB (Producto Interno Bruto) de un 8%, con un crecimiento interanual del 4%. 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 1 100 138 ha que representan un 19,4% (INEC. 2016).

Según el MAGAP (2011), el agua disponible en el Ecuador se encuentra variando de entre 4320.000 hm3 en la estación lluviosa hasta sólo 146.000 hm^3 en la estación seca. La precipitación media anual asciende a 2.274 mm, pero la distribución espacial y temporal es muy diversa, y más ahora, que ya hay evidencias de los efectos del cambio climático.

A pesar de esto, la disponibilidad general para el país es de solo 34%, es decir, 147 000 hm^3. La principal consecuencia que provoca esta situación es que anualmente hay temporadas excesivamente lluviosas que originan inundaciones con pérdidas periódicas para la actividad agrícola y épocas en las que la falta de agua provoca sequías (Caicedo, Balmaseda y Proaño. 2015).

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. La producción bajo riego genera beneficios y un gran potencial productivo para el país (MAGAP. 2011). Sin embargo en el Ecuador 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 diaria de una lámina fija de agua, es decir, no se cuenta con criterios técnicos-científico al momento de precisar cómo, cuándo y cuánto regar (Caicedo, Balmaseda y Proaño. 2015).

El sector agrícola es uno de los principales consumidores de recursos hídricos ya que este utiliza cerca del 80% del agua extraída para actividades productivas, por este motivo es de gran importancia establecer programaciones de riego que permitan indicar la cantidad y el momento adecuado de aplicación del agua, para un uso eficiente de este recurso (Palestina. 2015).

II. PROBLEMA

¿Cómo calcular las necesidades hídricas para el diseño de sistemas de riego de los cultivos de plátano (*Musa paradisiaca*), cacao (*Theobroma cacao*), limón (*Citrus lemon*) y maíz (*Zea mays*) en el área de producción de la FIAG?

III. ANTECEDENTES

Aproximadamente el 40% de los alimentos del mundo son producidos bajo sistemas de riego. Actualmente existe un total de 1527 millones de hectáreas bajo cultivo, de las cuales 277 millones son sometidas a riegos (18%), y 1250 millones producidas en secano, lo que representa el 60% restante de la producción mundial. 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 las necesidades hídricas 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, o por lo contrario corregir problemas de drenaje en regiones donde existen excedentes (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; uno de estos métodos es aquel que están en función a indicadores de estrés hídrico de la planta, el método de programación de riego en relación a la humedad del suelo, basado en los posibles aportes de agua almacenada en el suelo y el método basado en parámetros climáticos (Fuentes, 1999), que utiliza la ecuación de Penman-Monteith, metodología recomendada por la FAO, a través del programa de cómputo CROPWAT (Guerrero. 2017). Este puede ser utilizado en diferentes patrones de cultivos, el mismo que ha sido aplicado en las diferentes condiciones edáficas y climáticas de zonas productoras de papa, maíz, arroz, frijol, yuca y pastos, entre otros cultivos (Cleves, Toro y Martínez. 2016).

El programa incorpora procedimientos para el cálculo de la evapotranspiración de referencia y los requerimientos de agua de los cultivos, en diferentes condiciones de clima, suelo y cultivo. Además facilita considerablemente la estimación de las necesidades de agua de los cultivos y por ende el cálculo del programa de riego, de esta forma se realiza un mejor manejo de los recursos hídricos (Arteaga, Ángeles y Vásquez. 2011).

En la actualidad existen investigaciones que hacen referencia a la programación de riego, las que resaltan su importancia en la mejora para el diseño y explotación de los sistemas de riego haciendo un mayor aprovechamiento de los recursos hídricos.

En trabajo realizado en la Provincia de los Ríos, con el objetivo de comparar tres esquemas de programación del riego en el cultivo de banano, en el que se incluyó la reposición de la falta de humedad en el suelo hasta la capacidad de campo, la aplicación de una lámina fija en intervalos definidos por el usuario y no regar, para lo cual se utilizó el programa informático CROPWAT. Los resultados obtenidos permitieron demostrar que, la aplicación de agua de riego de una forma empírica genera aplicaciones de excesos de este recurso, por lo que realizar una programación en la que se reponga la lámina de agua agotada hasta la capacidad de campo demuestra la factibilidad de este procedimiento (Caicedo, Balmaseda y Proaño. 2015).

Guerrero (2017), manifiesta que la aplicación de programación de 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. Esto luego de realizar un trabajo en maíz y esparrago, con el objetivo de evaluar la disponibilidad hídrica y determinar predicción del rendimiento, mediante modelo de simulación CROPWAT en el valle Jequetepeque, Perú.

Arteaga, Ángeles y Vásquez (2011) realizaron trabajos en caña de azúcar, con el objetivo de definir los diferentes métodos del programa CROPWAT e indicar que datos necesita, realizar una programación de riego para el plan de cultivo de un determinado módulo de riego (III-1 del Distrito de Riego 035, la Antigua-Actopan, Veracruz) y definir si las necesidades de agua para el plan de cultivo, son satisfechas con la disponibilidad de agua con que cuenta. Determinaron que la programación de riego mediante programas informáticos permite generar criterios para la planeación y manejo del riego, con lo cual se da un mejor uso al recurso hídrico.

IV. JUSTIFICACIÓN

La importancia de los recursos hídricos en el desarrollo de las actividades humanas (social y económica), y el crecimiento de su demanda, ubican al riego como una de las principales causas del mal manejo del agua, esto debido a que en muchas ocasiones la aplicación de riego se realiza de forma ineficiente sin un criterio técnico y económico que justifiquen la viabilidad del mismo.

Los cultivos permanentes como el cacao, los cítricos y el plátano y los transitorios como el maíz, son de gran importancia dentro del desarrollo de actividades en el área docente experimental de la facultad de ingeniería agronómica, adema que son de los cultivos principales dentro del desarrollo agrícola de la zona en estudio.

La importancia económica y social que tiene la aplicación de riego en los campos de producción de la FIAG (Facultad de Ingeniería Agronómica) de la Universidad Técnica de Manabí, hacen necesario emplear bases de información en los que se establezcan alternativas de aplicación de diseños de los sistemas de riego y calendarios que faciliten el manejo de los intervalos, números y dosis de riego que se deben aplicar a cada cultivo.

De esta forma se busca mejorar la utilización de este recurso, estableciendo según el cultivo, tipo de suelo y condiciones climáticas de la zona sistemas adecuados para cada cultivo, mejorando el aprovechamiento del agua disponible en el suelo, optimizando el uso del agua de riego.

V. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

1. Establecer la programación del riego para la determinación 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.

5.2 ESPECÍFICOS

1. Definir las áreas de desarrollo y las tecnologías de riego a emplear 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. 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.

3. 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.

4. Establecer el diseño agronómico e hidráulico para los cultivos, 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.

VI. MARCO REFERENCIAL

6.1 Agricultura en Ecuador

En la última década, el aporte del sector agropecuario ha sido de gran importancia dentro de la economía del país. Este aporte económico está basado en la producción de banano, café, cacao y flores, adema de actividades que se asocian; Acuacultura, Pesca, Silvicultura y Producción Pecuaria; donde más del 50% de su producción ha sido relacionado a actividades exportables (Monteros y Sarauz. 2015). El problema de la estructura del agro en el país está basado básicamente en dos puntos fundamentales; la concentración de recursos productivos en pocas manos, y las limitaciones de acceso a estos recursos de la gran mayoría de las familias dedicadas a la producción agrícola (MAGAP. 2011).

6.2 Principales cultivos

Según el INEC (2016), la superficie de labor agropecuaria (cultivos permanentes, transitorios y barbecho, pastos naturales y cultivados) en el 2015 fue de 5,67 millones de hectáreas, en donde la mayor superficie de suelo agrícola está destinada a pastos cultivados, en este ámbito la provincia de Manabí lidera con 775.863 has, de pastos cultivados y naturales. Cultivos permanentes (caña de azúcar, banano y palma africana), y transitorios (maíz duro seco, arroz y papa), de mayor producción a nivel nacional, representan el 26,15 % y el 16,76% respectivamente, de la superficie con labor agropecuaria.

6.3 La agricultura de secano

La producción agrícola bajo sistemas de secano es la de mayor predominancia a nivel mundial, siendo el más utilizado por pequeños agricultores con bajos recursos, si esta se la realiza en zonas de tierras altas, en los trópicos secos y húmedos, donde la degradación de los recursos es mayor (FAO. 2011).

Cerca del 60% de la producción agrícola está dada bajo condiciones de secano, en esta se encuentra inmersa cerca del 80% de las tierras arables, mientras que bajo riego un 20 %, en el cual se produce el 40 % de la producción agrícola del mundo (FAO. 2003).

6.4 Agricultura bajo riego

El agua es un recursos de gran importancia, dentro de los componentes de producción, la disponibilidad de este recurso permite el manejo de otras actividades agrícolas, con relativa independencia de los factores climáticos (Chaterlán y Rodríguez. 2017). La escases de este recurso constituye una importante limitación en el desarrollo agrícola en las regiones áridas y semiáridas (Santos, et al. 2010).

Aunque puede hacerse mucho para incrementar la relación entre los rendimientos de los cultivos y el agua utilizada en la agricultura de secano, actualmente los mayores esfuerzos se dirigen a la agricultura bajo riego (FAO, 2002). En las últimas décadas los sistemas de cultivos bajo riego han facilitado el desarrollo de las mejoras de la productividad y de la producción agrícola mundial (FAO. 2011).

6.5 Métodos de riego

Los métodos de riego pueden ser considerados como la forma en que el riego es aplicado al suelo para el desarrollo de los cultivos, estos pueden ser: riego por gravedad o superficie, (comprendiendo el riego por inundación) riego por aspersión, (con sistemas fijos o móviles) riego localizado o microriego (riego por goteo). (Fernández, et al. 2001).

Para la elección de método de riego a aplicar se debe tener en cuenta consideraciones técnicas (compatibilidad del sistema con el resto de operaciones agrícolas), económicas y aquellas relacionadas con la topografía y propiedades del suelo, así como otros factores externos de la agricultura (García y Briones. 2009).

6.6 Diseño de sistemas de riego

Los sistemas de riego pueden ser definidos como, el conjunto de instalaciones técnicas que garantizan la organización y realización del mejoramiento de tierras mediante el riego (Cisneros. 2003), este tiene como principal función la aplicación programada del agua a los cultivos en el proceso de producción (Iñiguez, Ojeda y Rojano. 2011). La selección de un sistema de riego, está determinada pon las condiciones del lugar, condiciones económicas y la disponibilidad de los equipos necesarios para cada sistema (García y Briones. 2009).

La capacidad de los sistemas de riego es de difícil determinación, debido a que está en dependencia de la demanda máxima de las necesidades de riego de cada cultivo, en consideración con la climatología histórica, el manejo dado por los productores y el plan de cultivo establecido en cada zona de riego (Iñiguez, Ojeda y Rojano. 2011).

6.7 Programación del riego

La programación de riego es una metodología utilizada para la determinación de los espacios y cantidad de riego, con base en la relación cultivo-suelo-clima y manejo agronómico establecido, esta programación permite prever cuándo y cuánto regar (Fernández, et al. 2001).

El objetivo general de la programación de riego es el de optimizar el uso de recursos hídricos, de modo tal que con abundante o poca agua y con un costo mínimo o un costo significativo en su aplicación, lograr obtener el mayor beneficio del mismo. Por lo que, para lograr una correcta utilización de riego debe de tenerse en cuenta la disponibilidad y el costo del agua, el cultivo y sus características fisiológicas, la respuesta a la disponibilidad del agua en cada etapa fenológica, variedad, entre otras características (Vásquez, et al. 2017).

Para lograr determinar el cuándo, cómo y cuánto regar, se debe tener en cuenta factores como: profundidad de raíces de los cultivos, el suelo y su capacidad de retención de humedad, la evapotranspiración de los cultivos y su respuesta fisiológica al déficit hídrico, calidad de agua, características climáticas de la zona, disponibilidad de agua de riego, precipitación efectiva y eficiencia de aplicación, de distribución y de riego (Vásquez, et al. 2017).

Dentro de la programación, las características del cultivo son de vital importancia, debido a que en dependencia del tipo de cultivo y el estado fenológico del mismo e incluso de la profundidad de sus raíces, las necesidades de agua pueden variar, lo que también sucede con la capacidad de retención de agua en cada suelo y la cantidad que pueden extraer cada planta, estas también están en dependencia de características climáticas de cada zona (Fernández. 2010).

De manera general, la programación de riego permite corregir déficit hídrico de los cultivos en zonas donde el agua de riego se vuelve escasa o en otros casos corregir problemas de drenaje donde existen excedentes (García y Briones. 2009).

6.8 Métodos de programación

Existen métodos de programación de riego basados en parámetros específicos que permiten una adecuada estimación de las necesidades hídricas de la planta, entre estos métodos tenemos:

1. Programación de riego con base en parámetros climáticos; el cual consiste en la variación del estado hídrico del perfil del suelo, tomando como referencia el aporte de agua mediante el riego y la lluvia además de la evapotranspiración del cultivo (Fuentes. 1999).
2. Programación de riego en relación a la humedad del suelo; que se basa en los posibles aportes de agua almacenada en el suelo, además que limita los errores de cálculo del ET (evapotranspiración) en la elección del Kc (coeficiente del cultivo), es decir, si está regando poco o si se está regando en exceso (Fuentes. 1999).
3. Programación de riego en función de indicadores de estrés hídrico de la planta; este método consiste en la utilización de sensores monitorizan el estado hídrico de la planta, de esta forma se estima le perdida de agua que ha tenido una o varias partes de la planta, datos que facilitan la elección del tiempo y cantidad de agua a aplicar (Fuentes. 1999).

6.9 CROPWAT, método para la programación de riego

Con el desarrollo de la tecnología en las últimas décadas, ha sido posible el desarrollo de software para realizar la programación de riego, uno de los más conocidos y utilizados a nivel mundial es el CROPWAT 8.0, el objetivo de este programa es la determinación de cuándo, cómo y cuánto regar para un mejor aprovechamiento del agua de riego (Caicedo, Balmaseda y Proaño. 2015).

Entre las principales funciones de este programa son: el cálculo de la evapo-transpiración del cultivo de referencia, los requerimientos de agua de los cultivos y la estructuración de calendarios de riego bajo diferentes condiciones de manejo, con el fin de facilitar a estimación de las necesidades hídricas de los cultivos y por ende el

cálculo de la programación de riego, sin duda una herramienta útil para la producción agrícola del mundo (Arteaga, Ángeles y Vázquez. 2011).

Para el cálculo de la evapotranspiración de referencia el programa informático CROPWAT utiliza la ecuación de Penman-Monteith. Esta ecuación fue impulsada por primera vez como la fórmula de Penman en 1948 para evaluar la evapotranspiración en superficie líquida y la evapotranspiración en superficies con vegetación, la misma que fue modificada por Monteith en 1965 y nombrada fórmula de Penman-Monteith, la cual ha sido de gran importancia en investigaciones sobre balance hídrico, balance energético, requerimientos de agua, programación de irrigación, dejando a un lado aplicaciones de numerosas fórmulas utilizadas para estimar la evapotranspiración (Guevara. 2006)

Este método fue modificado posteriormente por la FAO, por lo cual fue nombrado como Penman-Monteith FAO98, haciendo referencia que fue la última modificación sobre esta fórmula que realizo la FAO y que actualmente es la más utilizada y recomendada para la estimación de la evapotranspiración de referencia (Guevara. 2006)

6.10 Riego en el cultivo de plátano

El plátano constituye una importante fuente de alimento en el mundo y además genera una gran fuente de ingresos para productores y familias campesinas (Herrera y Calderón. 2016). Cigales y Pérez (2011), describen al plátano como una planta con una alta tasa de crecimiento, de raíces poco profundas y frágiles lo que dificulta la penetración de estas en el suelo y a pesar de poseer una pobre capacidad para extraer agua, el consumo de este recurso es alto, por lo que es poco resistente a la falta de agua y la respuesta fisiológica al déficit hídrico es inmediata.

Esta repuesta puede ser evidenciada al observar plantas de menor tamaño, vástagos débiles y derribamiento de las mismas por el peso del racimo, y con ello una disminución del rendimiento y tamaño de los frutos (INIFAP. 2004). Castillo y Ordinola (2015), manifiesta que además pueden evidenciarse problemas con la salida de las inflorescencias, dando como resultado racimos torcidos y entrenudos muy cortos en el raquis que impiden el enderezamiento de los frutos, además de obstrucción foliar provocando problemas en el desarrollo de las hojas.

A pesar de todo lo manifestado anteriormente se debe de tener cuidado y no aplicar riegos en exceso ya que el plátano llega a ser muy susceptible al daño provocado por las inundaciones y a suelos continuamente húmedos o con un drenaje inadecuado (Castillo y Ordinola. 2015).

6.11 Requerimientos hídricos del plátano

Debido a la morfología de la planta, el plátano durante todo su ciclo de vida es mucho más exigente en la constante y abundante disponibilidad de agua que otros cultivos, siendo muy sensible al déficit hídrico, por lo que puede verse afectado tanto en el periodo vegetativo como en el periodo productivo. Durante el establecimiento y la primera fase del periodo vegetativo se determina el potencial de crecimiento y de fructificación, por lo que es fundamental el suministro de agua durante este periodo (Castaño, Aristizábal y González. 2011).

La planta de plátano demanda de un abastecimiento permanente y adecuado de agua para su normal crecimiento y desarrollo. Para lograr esto, la elección de un sistema de riego acorde con las limitaciones del terreno como el abastecimiento del agua, son de vital importancia (Torres. 2012). El plátano requiere de entre 120 y 180 mm de agua mensuales, para su buen desarrollo (Vizcaíno y Betancourt. 2013).

Según Arteaga, Ángeles y Vásquez (2011), en una investigación realizada en Planeación y Manejo del Recurso Hídrico mediante el CROPWAT, en condiciones del estado de México, el cultivo de plátano responde bien en todas sus etapas con precipitaciones anuales de 1296 mm.

6.12 Métodos y tecnologías de riego utilizadas en el plátano

Durante el proceso de preparación y adecuación del terreno es necesario el diseño construcción e instalación de sistemas de riego que permitan el suministro de agua adecuados para el cultivo, estos sistemas pueden ser por gravedad, aspersión o por goteo, los cuales está condicionados de acuerdo a la disponibilidad del recurso y el acceso a la tecnología (Vizcaíno y Betancourt. 2013)

Para la efectividad de cada sistema se deben considerar aspectos como, la retención de humedad del suelo, la infiltración, la evaporación y el balance hídrico del sistema. Las condiciones ambientales, las necesidades hídricas del cultivo, el sistema

de riego utilizado y la cantidad y distribución de las lluvias determinan la cantidad y frecuencia de riego a aplicar en el cultivo (Vizcaíno y Betancourt. 2013).

El riego por aspersión y por goteo son los sistemas más utilizados en el cultivo de plátano. Una humedad adecuada es esencial para lograr una buena producción, principalmente en los meses secos en los que se debe asegurar un suministro de agua óptimo. La incidencia de plagas y enfermedades pueden verse en aumento debido a una mala elección de los sistemas de drenaje, por lo que el aumento de la producción va a depender en gran medida de la elección de estos sistemas (Castillo y Ordinola. 2015).

6.13 Riego en el cultivo de cacao

El cultivo de cacao dentro de la economía ecuatoriana cumple un rol de gran relevancia, ya que es un producto de exportación muy importante, además de ser un producto muy influyente en lo social y ambiental. Es materia prima para la elaboración de chocolates y sus derivados en muchas industrias locales, lo cual genera empleo y divisas en el país, (Alvarado, et al. 2016), y en la provincia de Manabí es el producto de exportación más importante (Mendoza y Rodríguez. 2012).

La aplicación de riego en los cultivos, así como de la dosis, la duración y la frecuencia constituyen los parámetros de mayor importancia (Palma, et al. 2015)

6.14 Requerimientos hídricos del cacao

El cacao es un cultivo muy susceptible a la falta de agua, pero también es una especie sensible al encharcamiento, por lo que requiere de suelos con buen drenaje, (Mendoza y Rodríguez. 2012), estas características son atribuidas a su evolución como especie, de un ambiente cálido-húmedo de la selva tropical, a la sombra de árboles más altos. Por esta razón para obtener una mayor producción la humedad del suelo debe de ser adecuada (Vizcaíno y Betancourt. 2012)

Según Palma y Palma (2013), la producción de un árbol de cacao, se puede ver más afectado de un año a otro debido a la falta de agua en el suelo que por cualquier otro factor, por lo que las precipitaciones deben de ser abundantes y bien distribuidas. Además, Vizcaíno y Betancourt (2012) manifiestan que, para que exista una expresión máxima del potencial productivo del cacao, la época seca no debería establecerse más

allá de tres meses continuos con menos de 100 mm de lluvia, por lo que en aquellas zonas en los que la época seca se extiende hasta los siete meses, es necesario la aplicación de riegos adicionales en frecuencia y cantidades requeridas, para suplir las necesidades hídricas del cacao.

El cacao requiere una disponibilidad de agua entre los 1500 mm y 2000 mm anuales. La eficiencia de la aplicación del riego es de vital importancia debido a las necesidades hídricas que tiene el cultivo de cacao, por lo que es de gran utilidad la utilización de una programación de riego que implique la evaluación continua de uno o varios parámetros, con el fin de logran un buen desempeño de los sistemas de riego (INIAP. 2010).

Es necesario saber el momento adecuado, la cantidad necesaria y la forma de aplicación del agua en el cultivo, debido a que, de las necesidades hídricas del cultivo dependen directamente las extensiones de las labores de riego, y la estimación de las mismas, esto incide directamente en el dimensionamiento y consecuentemente en el costo de aplicación (Palma y Palma. 2013)

6.15 Métodos y tecnologías de riego utilizadas en el cacao

El abastecimiento de agua que requieren los cultivos se da por medio de la precipitación, pero en los momentos en que se vuelve escasa es necesaria la intervención del hombre para la aplicación de este recurso por medio de la irrigación. Los método de riego utilizados son diversos y la elección de uno depende de la disponibilidad del agua, el cultivo, propiedades físicas del suelo, la topografía el costo de sistema, entre otros (Palma y Palma. 2013)

El riego en los cultivos, demanda un alto porcentaje de consumo de agua en el mundo, por lo que en la actualidad se busca utilizar tipos de riego que permitan aprovechar al máximo el agua aplicada en los cultivos aumentando así la productividad de los mismos (Palma y Palma. 2013)

Una buena uniformidad dentro de los sistemas de riego permite mayor eficiencia en la aplicación del riego, disminuyendo la pérdida del agua y aumentando la producción, por lo que una valoración de los sistemas de riego en campo tiene como objetivo determinar la distribución del agua en la parcela, (Mendoza y Rodríguez. 2012).

La aplicación de determinado tipo de riego en los cultivos, demanda un estudio anticipado de los factores que actúan dentro de los mismos. Tales factores como tipo de suelo, disponibilidad del agua y tipo de cultivo influyen en gran medida en la elección del sistema de riego (Palma y Palma. 2013).

El suministro del agua de riego en el cacao es una práctica de vital importancia, pero además es fundamental conocer la cantidad y calidad de agua a aplicar debido a que esta puede contener contaminantes físicos y químicos (Gualpa. 2014).

Actualmente la aplicación de riego ha experimentado importantes cambios tecnológicos, estos han facilitado en gran medida la distribución uniforme del agua en toda la superficie a regar y de esta forma garantizar que todas las plantas reciban una cantidad de agua adecuada para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo, (Palma y Palma. 2013).

6.16 Riego en el cultivo de limón

En los periodos donde el agua aportada por la lluvia es escasa y no cumple las necesidades hídricas del cultivo, se hace necesario el suministro de agua por medio del riego para obtener producciones rentables, ya que mantener la humedad adecuada durante el ciclo del cultivo garantiza una alta producción y una mejora en la calidad (Vélez, Alvares y Alvarado. 2012).

En los cítricos ciertas características fisiológicas y anatómicas en conjunto, que limitan el transporte del agua por la planta, los convierte en una especie con capacidad de soportar periodos prolongados de sequía. Los cítricos poseen raíces con baja conductividad, esto posiblemente por la ausencia de pelos radicales bien desarrollados con endodermis muy bien desarrollada, además poseen hojas bien adaptadas para conservar agua, aunque el nivel de esta depende de la edad (Agustín. 2003)

El manejo adecuado de los recursos hídricos bajo el punto de vista agronómico, se basa en reponer la perdida de agua provocada por la evapotranspiración. La aplicación de riego se basa fundamentalmente en el abastecimiento de agua al suelo para mantener su humedad y reponer la perdida de agua que se produce durante el día por efecto de la evapotranspiración, y de esta forma reducir los efectos negativos producidos sobre el desarrollo de la planta y su producción (Agustín. 2003)

6.17 Requerimientos hídricos del limón

La suma de la evaporación del agua del suelo y la evapotranspiración del cultivo, es la cantidad de agua que las plantas necesitan para su adecuado crecimiento y desarrollo. La evapotranspiración está determinada principalmente por factores climáticos como la temperatura, humedad, la radiación y el viento, y factores derivados de la planta como el área foliar y la regulación estomática de dicha área foliar (INIA. 2011).

Aunque es de vital importancia la disponibilidad de lluvia en la producción de cítricos, no solo se debe de tomar en cuenta solo su disponibilidad, sino también la distribución de la misma durante todo el año, tomando en cuenta que los periodos más críticos de los cítricos se encuentran en el crecimiento vegetativo, en el cuajado y desarrollo de los frutos (Gonzales. 2011).

La cantidad de agua con la que disponen los cítricos influye directamente en la producción de la fruta, es así que, con escasa cantidad de agua el desarrollo de la fruta es más lenta y esta tiende a caer joven y las que se encuentran en maduración disminuyen su porcentaje de azúcar y por ende su calidad. Esta falta de agua también incide en el desarrollo de ramas con nuevos frutos y el desarrollo de raíces y hojas se ven disminuidos, lo que afecta directamente a la productividad del cultivo y aumenta la producción alternada (Medina, et al. 2008).

Por ende para lograr una producción adecuada es de vital importancia que en los periodos de floración y amarre de la flor las cantidades de agua deben ser apropiadas, ya que la producción disminuye cuando las plantas son expuestas a un déficit hídrico mayor al 33% (Medina, et al. 2008).

En los cítricos los requerimientos hídricos estimados de acuerdo a la perdida de agua por evapotranspiración, se estima entre los 750 y 1.200 mm anuales bien distribuidos para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo. Dentro de este contexto la lluvia cumple su mayor desempeño en el aporte de humedad del suelo, pero a pesar de que puede ser sustituida por el riego en épocas donde no hay precipitaciones las cosechas y calidad del fruto suelen ser mejores en épocas lluviosas (Agustín. 2003).

La aplicación de riego mejora la cantidad y la calidad de los frutos además de reducir la caída fisiológica de los mismos, además ha sido demostrado en diferentes áreas citrícolas del mundo la importancia del riego tanto para el desarrollo de las plantas como para la obtención de cosechas numerosas y de buena calidad (Agustín. 2003).

6.18 Métodos y tecnologías de riego utilizadas en el limón

El riego ajustado a las necesidades hídricas de los cultivos y la eficiencia de los sistemas de riego aplicados, permite además de ahorrar agua y energía, disminuir la pérdida de nutrientes por lixiviación y aumentar la calidad y el rendimiento en la producción de los cultivos (INIA. 2011)

En los cítricos los sistemas de riego que se emplean son los de gravedad, aspersión y los sistemas localizados. El primero de ellos consiste en la aplicación de agua a lo largo del campo de manera que fluya por sí sola, la misma que es conducida mediante caballones paralelos a las filas de los árboles. El segundo de los sistemas consiste en la distribución del agua por debajo de las copas de los árboles, la instalación de este es móvil sobre aspersores situados directamente sobre tuberías secundarias las que son alimentadas por una tubería principal (Agustín. 2003).

El tercero de los sistemas proporciona el agua directamente a las raíces, el cual puede lograrse de tres formas: mediante exudación, a través de unas citas de material poroso o tuberías perforadas ubicadas en la superficie o enterradas, por microaspersión a través de difusiones o microaspersores situados a escasa altura y que distribuyen el agua circular o sectorialmente en un alcance de 1m aproximadamente y por goteo haciendo llegar el agua a los emisores a través de tuberías PE y PVC, (Agustín. 2003).

Dentro de los numerosos sistemas de riego existentes, Vanegas (2002) describe al riego por microaspersión y riego por goteo como los sistemas de riego localizados más eficientes en el uso del agua, y los de menor eficiencia el de gravedad y aspersión. También manifiestan que tanto la textura del suelo como la disponibilidad de agua y la topografía del terreno son determinantes en la elección de un sistema de riego a emplear.

6.19 Riego en el cultivo de maíz

El cultivo de maíz en el Ecuador, se encuentra distribuido en gran parte de la costa y la sierra, principalmente en las provincias de Manabí, Guayas, Bolívar, El Oro, Imbabura, Chimborazo, Pichincha, Tungurahua y Los Ríos, en las cuales se ha visto beneficiada por las condiciones clima, suelo y características geográficas (Monteros. 2014).

El mantener una humedad adecuada en el suelo durante las etapas criticas es de vital importancia para obtener rendimientos adecuados. En el maíz as etapas críticas se dan durante la floración y el llenado de grano, por lo que el maíz es más sensible al estrés hídrico que otras gramíneas (Ojeda, Sifuentes y Unland. 2014).

6.20 Necesidades hídricas del cultivo de maíz

El agua constituye entre el 80% y 95% del componente celular de los tejidos en crecimiento; sirve de solvente, medio de transporte, generadora de turgencia y reguladora de la temperatura por transpiración; además es necesaria para los procesos fisiológicos que ocurren desde la siembra hasta la madurez fisiológica de la planta (Ospina. 2015).

El impacto que puede tener un periodo de sequía sobre el cultivo es la resultante de la interacción entre los efectos que provoca esa deficiencia hídrica a diferentes escalas de la planta y los mecanismos de resistencia que están en juego. La sensibilidad del cultivo a la falta de agua aumenta a partir de la diferenciación de la flor masculina en el tejido meristemático, y presenta un máximo en el momento de la floración (INTA. 2009).

Al considerar el maíz como el grano con excelente rendimiento, para la obtención de una cosecha con una madurez media, se requieren entre 500 y 800 mm de agua, bien distribuida durante todo el periodo de cultivo (Zamora, et al. 2016).

6.21 Métodos y tecnologías de riego utilizadas en el maíz

En el cultivo de maíz se puede implementar la agricultura de secano o el riego suplementario, este varía según la demanda evaporativa de la atmósfera, además de las condiciones climáticas, la duración del ciclo biológico del cultivo y la disponibilidad del agua (INTA. 2010)

En el cultivo de maíz por lo general se aplica riego por gravedad o surcos cortos, en dependencia de la capacidad de la fuente de agua, se selecciona el sistema que más conviene. Sin embargo en los último años los sistema de riego por goteo y micro aspersión han sido de gran aporte en la mejora de la distribución de agua para un uso más eficiente de este recurso y un mayor aprovechamiento del mismo por la planta (INTA. 2010)

Cuando se establece la siembra, con el suelo a capacidad de campo y programas de riegos frecuentes, durante la floración, se asegura que el efecto de falta de riego sea mínimo y se pueda aprovechar toda la fertilidad y capacidad del cultivo (Ojeda, Sifuentes y Unland. 2014)

VII. DISEÑO METODOLOGICO

7.1 UBICACIÓN

La investigación tuvo lugar 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), en el período comprendido del mes de diciembre del 2017 al mes de junio del 2018.

7.2 METODOLOGÍA

7.2.1 Datos generales de la unidad

Para realizar el cálculo de las necesidades hídricas en cada sistema, se estableció la superficie de suelo asignada para cada cultivo. Para la selección de las áreas de estudio se realizó un levantamiento de terreno, para lo cual se utilizó como herramienta un GPS, cuyos datos obtenidos se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Datos generales del área

Parámetro/Métodos Y Tecnología De Riego	UM	Tecnología Riego Por Goteo	Tecnología Riego Microaspersión	Tecnología Riego Por Goteo	Tecnología Riego Por Goteo
Cultivo		Maíz	Plátano	Cítrico	Cacao
Área bruta	ha	4,27	1,37	1,776	0,71
Área Neta	ha		1,257	1,69	0,68
Dimensiones del área	m		74,2 x 185	96x185	36,7x 185
Fuente de abasto		Canal			
Esquema		Se establece en el anexo			

Leyenda. UM: Unidad de medida

Fuente: Elaboración propia

7.2.2 Datos de la fuente de agua

El agua a utilizar para el riego de los diferentes cultivos se tomará desde el canal aledaño a la parcela, en la cual se encuentra instalada la estación de bombeo. Se realizaron estudios de calidad de agua cuyos parámetros se relacionan en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis de agua

Parámetro técnico de la unidad	Unidad de medida	Datos obtenidos
Conductividad eléctrica	dS/m	0.273

Alcalinidad total	mg de $CaCO_3$/ l	120
Carbonatos	mg de $CaCO_3$/ l	40
Bicarbonatos	mg de $CaCO_3$/ l	80
Cloruros	meq/ l	0.20
Ph	---	7.66

Fuente: Elaboración propia

7.2.3 Datos de cultivos

Dentro de la programación de riego los datos de cultivos son de vital importancia, ya que las necesidades de agua varia en dependencia de la zona, tipo de cultivo, ciclo de cultivo, incluso en un mismo cultivo, estas necesidades pueden ser diferentes en cada etapa fenológica. Para el desarrollo de la investigación se recolecto información de los ciclos biológicos de los cultivos, etapas fenológicas, zona radicular efectiva, coeficiente de cultivo, altura del cultivo y fechas de siembra, además se estableció el marco de plantación para cada cultivo en estudio, cuyos datos se describen en la tabla 3.

Tabla 3. Datos generales de los cultivos

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	m	0.25 x 0.30 x 0.70	1.30; 1.60; 2.0 y 2.60 x 2 : 1.30; 1.60; 2.0 y 2.60 x 3.	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
H- Zr	Ha	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 del aplicación del riego		**1er periodo:** Junio-Agosto **2do periodo:** Septiembre-Noviembre	Enero-Diciembre	Enero-Diciembre	Enero-Diciembre

Leyenda. CB: ciclo biológico. **H-Zr:** altura de la zona radicular. **Kc:** coeficiente del cultivo.
Fuente: Elaboración propia

7.2.4 Datos del suelo

Para la programación de riego el programa requiere datos del suelo como: Tipo de suelo y sus propiedades hidrofisicas (textura, estructura, densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchitez y factor de agotamiento), por lo cual se realizó un análisis de componentes físicos del suelo, en el área de cada cultivo. Para ello se tomaron muestras al azar de diferentes puntos del área de cultivos indicados en la tabla 1, las mismas que fueron enviadas al laboratorio de Suelo, Foliares y Agua de Agrocalidad en la ciudad de Tumbaco-Quito, quienes emitieron los resultados, que se muestran en la tabla 4, estos datos obtenidos en el análisis fueron iguales para las muestras analizadas.

Tabla 4. Análisis de suelo

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

Fuente: Elaboración propia

7.2.5 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 recopilo datos generales de la estación tales como; nombre del país, nombre de la estación, altitud, latitud y longitud, además de datos climatológicos específicos, necesarios para la utilización del programa de computo CROPWAT.

Debido a que el programa informático CROPWAT, utiliza datos de temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación solar, para el cálculo de la ETo (evapotranspiración), datos de precipitación para el cálculo de la precipitación efectiva y datos del cultivo (tipo de cultivos, fechas de siembra, duración de la etapa de crecimiento, desarrollo, media y final, desarrollo radicular por etapas y coeficiente de cultivos por etapas), como datos de entrada para conocer el RAC (Requerimiento de

Agua del Cultivo), se creó una base climatológica con los datos meteorológicos obtenidos de la estación, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5. Base de datos climáticos obtenidos en la estación meteorológica la Teodomira

Mes	Temperatura Min °C	Temperatura Max °C	Humedad relativa %	Viento m/s	Insolación horas	Precipitación. mm	Evaporación. mm
Enero	22.6	30.6	81	0.8	6.5	112,51	115,54
Febrero	22.7	30.9	83	0.7	7.5	163,59	102,34
Marzo	23.2	31.7	82	0.7	10.4	192,89	134,39
Abril	23.0	31.6	83	0.7	10.8	141,35	140,98
Mayo	22.6	30.9	82	0.9	9.7	41,79	139,84
Junio	21.7	29.9	83	0.8	7.2	13,44	127,41
Julio	21.4	29.5	80	0.9	8.6	12,04	137,32
Agosto	21.3	30.0	78	1.0	9.9	1,56	155,60
Septiembre	21.5	31.0	76	1.2	10.0	1,45	156,34
Octubre	21.0	31.2	76	1.0	9.5	1,97	160,67
Noviembre	21.8	30.5	75	1.1	9.7	1,08	160,16
Diciembre	21.7	31.2	77	1.1	8.2	43,16	147,26
Promedio	22.0	30.8	80	0.9	9.0	60,57	139,82

Fuente: Elaboración propia

7.2.6 Programación del riego para la determinación de las necesidades hídricas de los cultivos plátano, cacao, limón y maíz, en el área de producción de la FIAG.

Para la realización de la programación de riego de cada uno de los cultivo, se utilizó el software CROPWAT 8.0 desarrollado por Joss Swennenhuis para la Unidad de Fomento y Gestión de las Aguas de la FAO. CROPWAT 8.0 se basa en las versiones DOS CROPWAT 5.7 de 1992 y CROPWAT 7.0 de 1997, disponible en http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html

CROPWAT 8.0 para Windows es un programa que puede ser usado para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y de sus requerimientos de riego 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.

7.2.7 Programación de riego en los cultivo.

Para la realización de la programación de riego de los cultivos, de acuerdo con el área propuesta para cada uno de ellos, se utilizaron, datos de suelo, datos correspondientes de cultivo y los datos climáticos obtenidos de la estación La Teodomira, relacionados en las tablas 3, 4 y 5 respectivamente, los cuales fueron introducidos en cada una de las ventanas del software que permitieron la determinación de los requerimientos hídricos y la programación de riego para cada uno de los cultivos estudiados.

7.2.8 Establecimiento del diseño agronómico e hidráulico para los cultivos de plátano, cacao y limón

Para el cálculo agronómico e hidráulico de cada uno de los sistemas estudiados, se utilizó el levantamiento del área, por zonas y ubicación de los cultivos (Anexo 1). El levantamiento arrojó un área total de 13,59 ha, para el trabajo solo se consideró las correspondientes a los cultivos en estudio, los datos del cultivo y del sistema se relacionan en la tabla 1. Para el diseño agronómico e hidráulico solo se consideró la red de distribución por cuanto se hace una repotencialización del sistema estudiado.

7.2.9 Datos de la fuente de agua

Para los cálculo agronómicos e hidráulico se consideraron los caudales y las cargas que se registran en las tomas de cada una de las cabeceras de los campo de cultivos propuestos, los mismos que se observa en la tabla 6. Se realizaron aforos volumétricos para conocer el caudal disponible en cada una de la toma existente en la subparcelas de cada cultivo, así como la medición de las presiones en dichos puntos lo que permitió conocer los caudales y presiones disponibles.

Tabla 6. Caudal y carga de las tomas existentes

Parámetro técnico de la unidad de Bombeo	UM	Toma para el cultivo de cítrico	Toma para el cultivo de plátano y cacao
Caudal	L/s	6,6	5,88
Carga	PSI	56,88	56,88

Leyenda. UM: unidad de medida. **L/s:** litros por segundo. **PSI:** libra de fuerza por pulgada cuadrada.

Fuente: Elaboración propia

Para los cultivos de cacao y limón se plantea un sistema de riego por goteo, se propone utilizar la cinta de gotero PC 16mm x 25cm de 1,6 l/h. Las características de la cinta se relacionan en la tabla 7 y 8. Para el cultivo de plátano se propone el Microaspersor AMANCO cuyos datos hidráulicos se establecen en la tabla 9.

Tabla 7. Parámetros técnicos para la tecnología de riego por goteo en cítrico (Limón)

PARÁMETRO		**UM**
Datos de la tubería lateral	Diámetro	mm
Datos del Emisor	cinta PC de 1,6 L/h	16mm x 25cm
	Diámetro (mm)	16
	Carga (BARES)	1,5
	Caudal (L/h)	1,6
	Distancia entre goteros (m)	0,20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Parámetros técnicos para la tecnología de riego por goteo en cacao

PARÁMETRO		**UM**
Datos de la tubería lateral	Diámetro	mm
Datos del Emisor	Cinta PC de 1,6 l/h	16mm x 25cm
	Diámetro mm	16
	Carga BARES	2
	Caudal L/h	1,6
	Distancia entre goteros (m)	0,20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Parámetros técnicos para la tecnología de riego por Microaspersión en plátano

PARÁMETRO		**UM**
Datos de la tubería lateral	Polietileno de media densidad (PMD)	25 mm
	Emisor Amanco 1 MFM PC	40 L/h
Datos del Emisor	Carga (Bar)	2,5
	caudal (L/h)	120
	Diámetro húmedo (m)	6

Fuente: Elaboración propia

7.2.10 Determinación de los parámetros agronómicos e hidráulicos de cada una de las tecnologías de riego propuesto.

Para la determinación de los parámetros agronómicos e hidráulicos de cada una de las tecnologías propuestas, se utilizaron los resultados obtenidos de los requerimientos y programación de riego, además se partió de los componentes existentes en el sistema tales como la fuente de abasto y sistema de conducción, por lo que solo se ha considerado la parte de distribución. Los parámetros agronómicos e hidráulicos considerados para el diseño según las tecnologías de riego y cultivos fueron.

Para el cultivo del cacao y limón, se propone el sistema de riego por goteo se establecieron los paramentos siguientes.

1. Esquema del área.

   De acuerdo con el levantamiento realizado al área de estudio, anexo 1, se estableció el área dedicada al cultivo del limón y del cacao, la que se tomó de base para el establecimiento del sistema de riego.
2. Calculo de cada uno de los componentes. Número de hileras, longitud de las hileras y distancia entre hileras.

   Se consideró el marco de plantación de cada cultivo propuesto para ambas áreas, las que fueron las bases para la determinación longitud, distancia y número de hileras.
3. Trazado de la red laterales.

   Para el trazado de los laterales se planteó para cada cultivo el establecimiento de dos líneas de goteros, una cada lado de las hileras de plantas y paralélelas a estas. Se determinó el uso de la cinta de goteo PC 16 mm x 25cm de 1,6 l/h E=15000, la cual se consideró para el cálculo del resto de los parámetros. Las cintas de goteros parten de la tubería de distribución, la separación entre las cintas estará en correspondencia con el desarrollo del cultivo.
4. Calculo del gasto instalado por laterales e hileras de plantas y por subsectores.

   Para el cálculo de los caudales instalados por laterales e hileras de plantas, se tomó el nacho del campo, para ambos cultivos, el coincidir la longitud del lateral con el ancho del campo, siendo de 100 metros para el limón y de 40

metros para el cacao. Se determinó en número de goteros por laterales de acurdo con la distancia a que se encuentran ubicados los mismos que es de 0,20 metros, El caudal del lateral se determinó a partir del número total de goteros por laterales y del caudal de cada gotero. Para el caudal por plantas se tuvo en cuenta el número de goteros por plantas.

Al conocerse el caudal del sistema, y con la determinación del caudal por laterales e hileras de plantas, se determinó la cantidad de laterales e hileras de plantas que se riegan de forma simultánea.

5. Número de subsectores de riego.

   Para determinar el número de subsectores, se calculó el número de laterales a instalar, con el caudal del lateral y el caudal disponible en el área se determinó, el tamaño del subsector y número de subsectores necesarios para el desarrollo del riego.

6. Cambios de sectores de riego.

   Para el cálculo del cambio de sectores de riego, se determinó el tiempo de riego necesario del subsector para cumplir con la dosis de agua requerida, para lo cual se tiene en cuenta, el caudal que necesita la hilera de plantas y caudal que recibe la hilera de plantas.

7. Tiempo de riego para el área total.

   Para el cálculo del tiempo de riego para el área se tuvo en cuenta el número de sectores de riego, y el tiempo que demora un sector de riego, lo cual nos permitió establecer el tiempo de riego y comprobar su relación con los intervalos.

Para el cultivo del plátano se propone un sistema de riego con Microaspersión, para el diseño agronómico e hidráulico se partió de los datos relacionados con el cultivo, así como los datos de suelos, climáticos, y de la tecnología que permite realizar el diseño agronómico e hidráulico para el área propuesta, para lo que se planteó.

1. Esquema del área.

   Para el cultivo del plátano de acuerdo con el área de desarrollo se establecen dos sectores de riego, los que se encuentran a ambos lados de las tuberías secundarias según se establece en el plano del diseño del sistema.

2. Marco de riego.

Para el cálculo del marco de riego se tomó en cuenta los datos del microaspersor en lo referente a caudal y diámetro húmedo.

3. Intensidad de aspersión o pluviometría.

   El cálculo de la intensidad de aspersión está relacionado con las característica del aspersor, fundamentalmente con el caudal del entrega y marco de riego propuesto, es un elemento de importancia por cuanto nos define la lámina de agua que entregan, y que se utiliza para el cálculo del tiempo de riego, así como la relación de esta con la velocidad de infiltración del suelo.

4. Número y longitud de los laterales a establecer de acuerdo con el área de riego.

   Para el establecimiento del número y longitud de los laterales se tuvo en cuenta la longitud y ancho del campo, así como el espaciamiento entre laterales de acuerdo con el marco de riego propuesto.

5. Sectores de riego.

   Para establece los sectores de riego se determinó el número de microaspersores por laterales, así como el caudal del lateral, Conociendo el caudal del sistema y el caudal del lateral nos permitió establecer los laterales que riegan simultáneamente, al dividir el total de laterales a instalar por el número de laterales que riegan simultáneamente se establecieron los subsectores de riego.

6. Área de riego de un subsector.

   El área de riego del subsector se obtuvo a partir de la determinación del área que riega el lateral y del número de laterales que riegan simultáneamente

7. Área de riego diaria del sistema.

   Para la determinación del área de riego diaria se consideró, la aérea de riego de un subsector y los subsectores que se riegan en el día.

8. Tiempo para cubrir el área de riego.

   Para la determinación del tiempo para cubrir el área de riego se dividió el área total dedicada al cultivo del plátano para el área que se riega diariamente.

9. Caudal del lateral.

   Para la determinación del caudal del lateral se tomó en cuento el número y caudal de Microaspersores por laterales.

10. Caudal del subsector.

    La determinación del caudal del subsector se obtiene del resultado de multiplicar el caudal del lateral por en número de laterales que trabajan de forma simultánea en el subsector.

11. Caudal del sistema.

    El caudal del sistema que fue la base para el cálculo de los parámetros antes descritos se obtuvo mediante una evaluación o aforo volumétrico realizado en la toma que se encuentra en el comienzo del área del cultivo.

VIII. RESULTADOS

8.1 Definición de las áreas de desarrollo y las tecnologías de riego

En la definición de las áreas de desarrollo y tecnologías de riego, para las cuales se realizaron los cálculos respectivos de programaciones de riego, se utilizaron los datos obtenidos del levantamiento de terreno. Dentro de las áreas definidas, los marcos de plantación determinados para los cultivos estudiados pueden observarse en la tabla 3, con el cual se establecen en el cultivo de maíz, un total de 50 000 plantas/ha con la utilización de un marco de plantación de 1.00m x 0.20 m 277 plantas/ha para el cultivo de limón y 1.111 plantas/ha para el cultivo de cacao. El cultivo de plátano está sometido a una investigación referente a la respuesta del mismo a diferentes densidades de siembra, por lo cual se trabajó con los marcos de plantación proporcionados por los encargados de dicha investigación, los mismos que establecen un total de 3.000, 2.500, 2.000 y 1.500 plantas/ha.

El área de desarrollo dispone de una unidad de bombeo, además con tuberías laterales distribuidas a lo largo de todo el terreno, sin embargo, gran parte de esta se encuentra inactivas por lo que en el presente trabajo se realiza el establecimiento de los sistemas de riego para la distribución del agua en toda el área. En los cultivos de maíz, limón y cacao se establece sistemas de riego por goteo.

El sistema de riego en el cultivo de maíz se encuentra establecido; para el limón y cacao la distribución de las cintas de gotero estarán acorde a los marcos de plantación, además se propone colocar doble cinta una a cada lado de la hilera de plantación, con el fin de realizar una distribución del agua acorde a las necesidades de cada cultivo. Mientras que para el cultivo de plátano se establece el sistema de riego por microaspersión colocando microaspersores con marco de riego de 4m x 6m a lo largo y ancho de todo el terreno, de esta forma se podrá cumplir con la programación de riego propuesta.

8.2 Base agroclimática para la obtención de las necesidades hídricas de los cultivos y la realización de la programación de riego.

La programación de riego se basa en la estimación de los requerimientos de agua del cultivo y los intervalos de aplicación, determinada por las condiciones de cada zona y el tipo de cultivo. El objetivo de esta programación es el de garantizar un manejo adecuado del agua, y así obtener el mayor beneficio de este recurso.

En las figuras 1, 2 y 3 se exponen los resultados de la base de datos agroclimática que resumen el comportamiento de la misma durante los últimos 13 años en el área estudiada, los mismos que fueron utilizados para la estimación de las necesidades hídricas y programación de riego en los cultivos estudiados.

En la figura 1, se observan el comportamiento medio mensual de las temperaturas máximas y mínima de las series de datos obtenidas en el área de estudio. En cuanto a la temperatura máxima, existe un ascenso entre los meses de marzo y abril con valores máximo de 31,7°C, los cuales se mantienen por debajo de este valor en el resto de los diferentes periodos analizados, mientras que para las temperaturas mínimas los picos se concentran en el mes de octubre con una media de 23,15°C, con valores por debajo de este para los otros periodos.

Como se mencionó anteriormente estas temperaturas tienen una gran influencia en el cálculo de la ET_0, ya que el aumento o la disminución de la misma expresan una presión de saturación del aire mayor o menor y por ende una presión de vapor también mayor o menor, en consecuencia la curva de resultados de las temperaturas y la ET_0, tendrán movimiento similares.

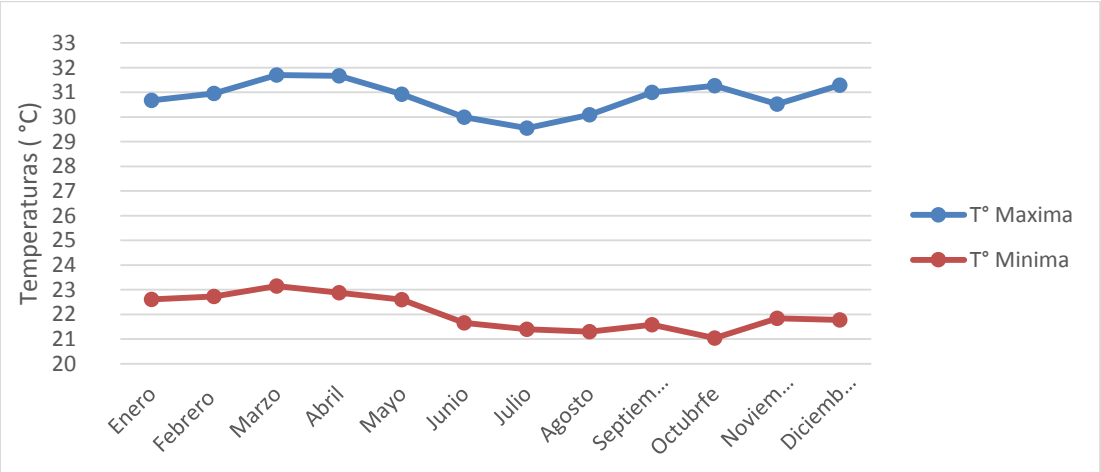


Figura 1. Datos de Temperatura Máxima y Temperatura Mínima

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2, se evidencian el comportamiento medio mensual de la precipitación, evaporación y humedad relativa. La precipitación, en el litoral Ecuatoriano es un factor climático que tiene bien establecido el periodo en el que se presentan, siendo así, desde el mes de enero hasta el mes de mayo los mayores rangos de precipitación, teniendo un aumento muy considerable en el mes de marzo con promedios mensuales de 192.89 mm, mientras que la falta de la misma se dan desde el mes de agosto hasta el mes de noviembre, presentándose el mes de noviembre con un promedio mensual de 1.08 mm, según los datos registrados en la estación meteorológica La Teodomira, lo que evidencia la falta de agua para los cultivos durante estos periodos, debido a las bajas precipitaciones y a la alta perdida de agua por evaporación, lo que indica la necesidad de aplicación de riego durante estas etapas.

Los valores más altos de evaporación se registran en los meses de octubre y noviembre con promedios mensuales de 160 mm y el más bajo en el mes de febrero con 102 mm, evidenciando cambios en los mismos periodos en los que se dan los de la precipitación pero con variaciones a polos opuestos en el comportamiento de estas variables.

Los porcentajes de la humedad relativa más altos tienen lugar en los meses de febrero, abril y junio con el 83% en los promedios mensuales, mientras que el menor porcentaje se registra en el mes de noviembre con 75%.

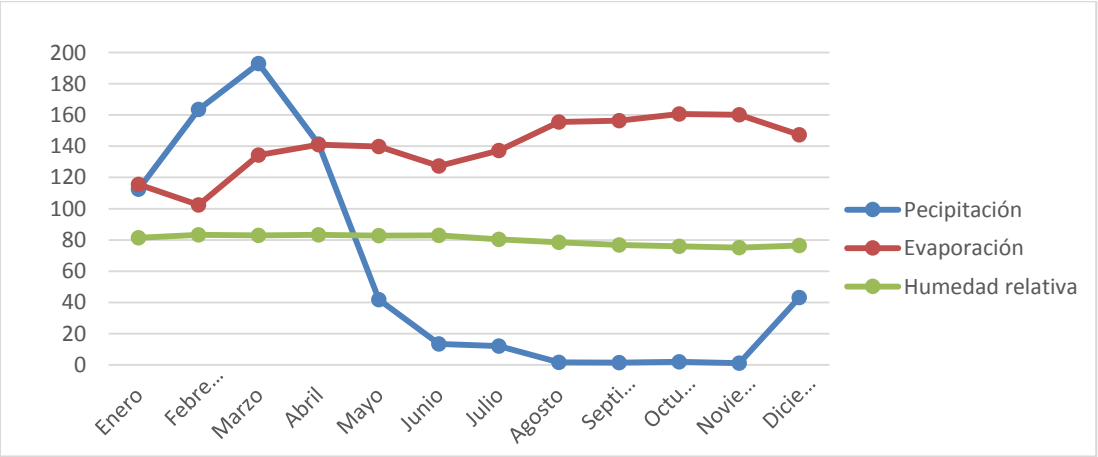


Figura 2. Datos de Precipitación, Evaporación y Humedad Relativa

Fuente: Elaboración propia

En lo que corresponde a la velocidad del viento, no hay una mayor variación en todos los periodos, manteniendo promedios mensuales más bajos de 0.8 m/s en los meses de febrero, marzo y abril y los promedios mensuales mayores de 1.2 m/s. En lo concerniente a las horas luz, existen periodos en los que existe una menor exposición en la radiación, estos corresponden a al mes de abril con 10.8 horas, en el promedio mensual y el de menor el mes de junio con 7.2 horas, como se observa en la figura 3.

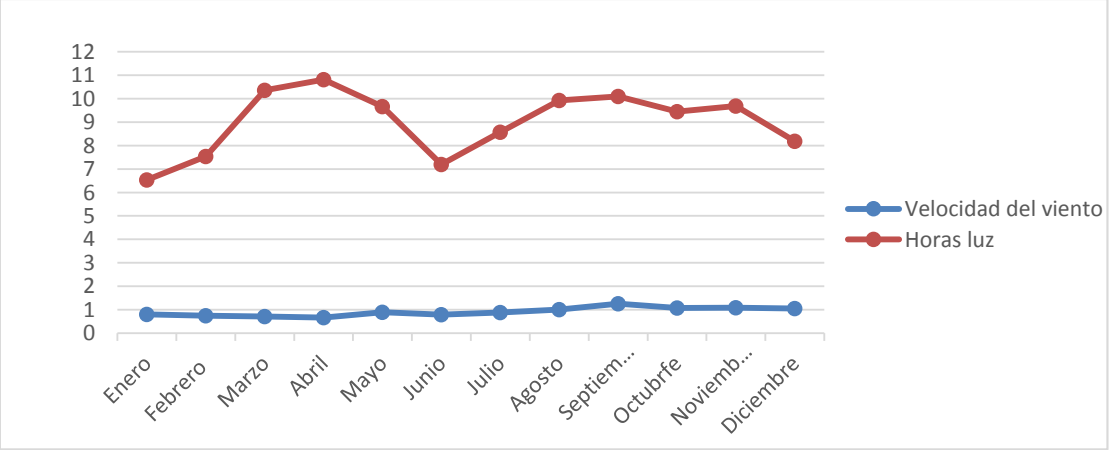


Figura 3. Datos de velocidad del viento y horas luz

Fuente: Elaboración propia

8.3 Calculo de la ET0

En la tabla 10, se muestran los datos de la ET_0 obtenida con el método de Penman-Monteith, el cual utiliza información climática adquirida en la estación

meteorológica La Teodomira, cuyos datos se muestran en la tabla 5. Los resultados obtenidos del CROPWAT, evidencian una ET_0 mayor en el mes marzo con un promedio de 5.22 mm/días y una menor en el mes de junio con un promedio de 3.64 mm/días. Debido a que el cálculo de la ET_0 está influenciado principalmente por las temperaturas y las horas luz, los datos generados por el programa de cómputo son muy similares en cada uno de los meses del año.

Tabla 10. Calculo de la ET0 con el método de Penman-Monteith

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo 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

Fuente: Elaboración propia

8.4 Requerimientos de agua de los cultivos

El RAC (Requerimiento de Agua del Cultivo), es la cantidad de agua necesaria para reponer la pérdida por evapotranspiración del cultivo, siendo el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos un elemento fundamental para el manejo de este recurso. En CROPWAT 8.0 el cálculo de los requerimientos de agua del cultivo se lleva a cabo por periodos de 10 días (decadiarios).

Para los cálculos del RAC se utiliza el enfoque de coeficiente de cultivos, por lo que, los requerimientos de agua del cultivo son entonces calculados como la diferencia entre la evapotranspiración del cultivo y la Precipitación efectiva. Dentro de este contexto, en el cultivo de maíz los RAC no está 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 en este cultivo, por lo que, los

requerimientos de agua en el maíz será el total de la evapotranspiración del cultivo. Para el cultivo de maíz se realizó cálculos tanto del RAC como los de la programación de riego para dos periodos, uno comprendido desde el mes de junio hasta el mes de agosto y el segundo periodo comprendido desde el mes de septiembre hasta el mes de noviembre.

Para el periodo de siembra junio – agosto, los requerimientos de agua del cultivo son de 250.1 mm, siendo el mes de julio (inicio de la etapa final del cultivo), el de mayor demanda de agua alcanzando requerimiento de 48.0 mm/dec, y el mes de junio (fin de la etapa inicial del cultivo), el de menor demanda con un requerimiento de 28.3 mm/dec, como se observa en la tabla 11.

En el periodo de siembra septiembre – noviembre el cultivo exige un total de 317.5 mm, dándose el mayor requerimiento de agua en el mes de octubre (inicio de la etapa final), con una demanda de 57.4 mm/dec, y el menor requerimiento en el mes de noviembre (fin de la etapa final), con una demanda de 34.8 mm/dec, coincidiendo ambos en la etapa final del cultivo.

Como ya se mencionó, la variación de los requerimientos de agua en este cultivo está influenciado directamente por la ETc, ya que el resultado de este es la combinación de los diferentes factores climáticos analizados en la tabla 10, los mismos que determinan la evapotranspiración del cultivo y por ende los requerimientos hídricos del mismo tal como se puede observar en las tabas 11 y 12.

Tabla 11. Requerimiento de agua del cultivo de maíz (Junio – Agosto)

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Jun	1	Inic	0.80	3.09	30.9	0.0	30.9
Jun	2	Inic	0.80	2.83	28.3	0.0	28.3
Jun	3	Des	0.87	3.20	32.0	0.0	32.0
Jul	1	Des	0.99	3.84	38.4	0.0	38.4
Jul	2	Med	1.05	4.17	41.7	0.0	41.7
Jul	3	Fin	1.04	4.36	48.0	0.0	48.0
Ago	1	Fin	0.78	3.43	30.9	0.0	30.9
				Total	250.1	0.0	250.1

Leyenda. Kc: coeficiente de cultivo**. ETc:** evapotranspiración del cultivo**. Prec. Efec:** precipitación efectiva**. Req. Riego:** requerimiento de riego**. mm/dec**: milímetro decena.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Requerimiento de agua del cultivo de maíz (septiembre – noviembre)

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Sep	1	Inic	0.80	3.89	38.9	0.0	38.9
Sep	2	Inic	0.80	4.01	40.1	0.0	40.1
Sep	3	Des	0.88	4.35	43.5	0.0	43.5
Oct	1	Des	1.01	5.00	50.0	0.0	50.0
Oct	2	Med	1.08	5.26	52.6	0.0	52.6
Oct	3	Fin	1.07	5.22	57.4	0.0	57.4
Nov	1	Fin	0.80	3.87	34.8	0.0	34.8
				Total	317.5	0.0	317.5

Leyenda. Kc: coeficiente de cultivo**. ETc:** evapotranspiración del cultivo**. Prec. Efec:** precipitación efectiva**. Req. Riego:** requerimiento de riego**. mm/dec**: milímetro decena.

Fuente: Elaboración propia

En el cultivo de plátano, los RAC calculados muestran un total de 1132.6 mm/año, siendo la etapa media del cultivo la de mayor demanda con requerimientos promedios de 48.87 mm/dec, y la etapa inicial la de menor exigencia con promedio de 4.83 mm/dec. Esto puede deberse a que durante el desarrollo inicial del cultivo existen periodos en los que hay un gran aporte de agua por precipitaciones de la época, lo que aumenta la cantidad disponibilidad de este recurso en el suelo y por ende disminuye la práctica de aporte del mismo mediante el riego, además de que el coeficiente de cultivo en esta etapa es menor que en las otras, según se observa en la tabla 13.

Tabla 13. Requerimiento de agua del cultivo de plátano

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Ene	1	Inic	0.90	3.69	36.9	25.7	11.2
Ene	2	Inic	0.90	3.55	35.5	31.9	3.7
Ene	3	Inic	0.90	3.66	40.3	34.7	5.6
Feb	1	Inic	0.90	3.77	37.7	37.6	0.2
Feb	2	Inic	0.90	3.88	38.8	41.0	0.0
Feb	3	Inic	0.90	4.15	33.2	42.1	0.0
Mar	1	Inic	0.90	4.48	44.8	44.2	0.7
Mar	2	Inic	0.90	4.79	47.9	46.2	1.7
Mar	3	Inic	0.90	4.73	52.0	42.9	9.1
Abr	1	Inic	0.90	4.64	46.4	40.6	5.8
Abr	2	Inic	0.90	4.61	46.1	38.6	7.5
Abr	3	Inic	0.90	4.43	44.3	30.1	14.2
May	1	Des	0.92	4.33	43.3	19.4	23.8
May	2	Des	0.95	4.29	42.9	10.9	32.0
May	3	Des	0.99	4.16	45.8	8.7	37.1

Jun	1	Des	1.02	3.95	39.5	6.5	33.0
Jun	2	Des	1.06	3.74	37.4	3.2	34.2
Jun	3	Med	1.09	4.02	40.2	3.5	36.8
Jul	1	Med	1.10	4.27	42.7	4.3	38.3
Jul	2	Med	1.10	4.40	44.0	4.3	39.6
Jul	3	Med	1.10	4.62	50.8	3.1	47.7
Ago	1	Med	1.10	4.83	48.3	1.4	47.0
Ago	2	Med	1.10	5.05	50.5	0.1	50.5
Ago	3	Med	1.10	5.21	57.3	0.2	57.1
Sep	1	Med	1.10	5.37	53.7	0.5	53.2
Sep	2	Med	1.10	5.53	55.3	0.5	54.8
Sep	3	Med	1.10	5.48	54.8	0.6	54.3
Oct	1	Med	1.10	5.44	54.4	0.6	53.8
Oct	2	Med	1.10	5.39	53.9	0.7	53.2
Oct	3	Med	1.10	5.37	59.1	0.6	58.5
Nov	1	Med	1.10	5.35	53.5	0.1	53.4
Nov	2	Med	1.10	5.33	53.3	0.0	53.3
Nov	3	Med	1.10	5.18	51.8	1.1	50.6
Dic	1	Med	1.10	5.03	50.3	8.7	41.6
Dic	2	Med	1.10	4.88	48.8	12.8	36.0
Dic	3	Fin	1.11	4.72	51.9	18.8	33.1
				Total	1687.5	566.0	1132.6

Leyenda. Kc: coeficiente de cultivo**. ETc:** evapotranspiración del cultivo**. Prec. Efec:** precipitación efectiva**. Req. Riego:** requerimiento de riego**. mm/dec**: milímetro decena.

Fuente: Elaboración propia

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/año, este cultivo es más exigentes en la etapa final con requerimientos de 39.37 mm/dec, y sus requerimientos bajos en la etapa inicial con 1.38 mm/dec, como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Requerimiento de agua del cultivo de cítricos (limón)

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Ene	1	Inic	0.80	3.28	32.8	25.7	7.1
Ene	2	Inic	0.80	3.16	31.6	31.9	0.0
Ene	3	Inic	0.80	3.25	35.8	34.7	1.2
Feb	1	Inic	0.80	3.35	33.5	37.6	0.0
Feb	2	Inic	0.80	3.45	34.5	41.0	0.0
Feb	3	Inic	0.80	3.69	29.5	42.1	0.0
Mar	1	Des	0.80	4.01	40.1	44.2	0.0
Mar	2	Des	0.82	4.34	43.4	46.2	0.0
Mar	3	Des	0.83	4.34	47.7	42.9	4.8
Abr	1	Des	0.84	4.31	43.1	40.6	2.6
Abr	2	Des	0.85	4.34	43.4	38.6	4.8
Abr	3	Des	0.86	4.22	42.2	30.1	12.1
May	1	Des	0.87	4.09	40.9	19.4	21.4
May	2	Des	0.88	3.95	39.5	10.9	28.6

May	3	Med	0.89	3.75	41.2	8.7	32.5
Jun	1	Med	0.89	3.45	34.5	6.5	28.0
Jun	2	Med	0.89	3.16	31.6	3.2	28.4
Jun	3	Med	0.89	3.29	32.9	3.5	29.5
Jul	1	Med	0.89	3.46	34.6	4.3	30.2
Jul	2	Med	0.89	3.56	35.6	4.3	31.3
Jul	3	Med	0.89	3.74	41.1	3.1	38.0
Ago	1	Med	0.89	3.91	39.1	1.4	37.8
Ago	2	Med	0.89	4.09	40.9	0.1	40.8
Ago	3	Med	0.89	4.22	46.4	0.2	46.2
Sep	1	Med	0.89	4.35	43.5	0.5	43.0
Sep	2	Med	0.89	4.48	44.8	0.5	44.3
Sep	3	Fin	0.90	4.46	44.6	0.6	44.1
Oct	1	Fin	0.91	4.48	44.8	0.6	44.2
Oct	2	Fin	0.91	4.45	44.5	0.7	43.8
Oct	3	Fin	0.91	4.43	48.7	0.6	48.1
Nov	1	Fin	0.91	4.41	44.1	0.1	44.0
Nov	2	Fin	0.91	4.39	43.9	0.0	43.9
Nov	3	Fin	0.91	4.27	42.7	1.1	41.5
Dic	1	Fin	0.91	4.15	41.5	8.7	32.8
Dic	2	Fin	0.91	4.02	40.2	12.8	27.4
Dic	3	Fin	0.91	3.88	42.7	18.8	23.9
				Total	1441.9	566.0	906.2

Leyenda. Kc: coeficiente de cultivo**. ETc:** evapotranspiración del cultivo**. Prec. Efec:** precipitación efectiva**. Req. Riego:** requerimiento de riego**. mm/dec**: milímetro decena.

Fuente: Elaboración propia

En el cultivo de cacao una aplicación eficiente de riego es de vital importancia para la máxima expresión del potencial productivo del cacao. Para este cultivo el CROPWAT arrojo datos de requerimientos de riego de 1153.4 mm/año, durante toda la etapa de cultivo, siendo la etapa media y fina las más exigentes en cuanto a las necesidades de agua, con requerimientos medios de 44,27 mm/dec, y la etapa inicial aquella en la que se suplen estas necesidades casi en su totalidad por parte de las prestaciones, con requerimientos medios de 6.58 mm/dec, tal como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Requerimiento de agua del cultivo de Cacao

Mes	Decada	Etapa	Kc Coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Ene	1	Inic	1.00	4.11	41.1	25.7	15.3
Ene	2	Inic	1.00	3.95	39.5	31.9	7.6
Ene	3	Inic	1.00	4.07	44.8	34.7	10.1
Feb	1	Inic	1.00	4.19	41.9	37.6	4.3
Feb	2	Inic	1.00	4.31	43.1	41.0	2.2
Feb	3	Inic	1.00	4.61	36.9	42.1	0.0
Mar	1	Des	1.00	4.99	49.9	44.2	5.7
Mar	2	Des	1.01	5.36	53.6	46.2	7.4
Mar	3	Des	1.01	5.32	58.5	42.9	15.6

Abr	1	Des	1.02	5.24	52.4	40.6	11.9
Abr	2	Des	1.02	5.24	52.4	38.6	13.8
Abr	3	Des	1.03	5.05	50.5	30.1	20.4
May	1	Des	1.03	4.86	48.6	19.4	29.2
May	2	Des	1.04	4.66	46.6	10.9	35.7
May	3	Med	1.04	4.39	48.3	8.7	39.5
Jun	1	Med	1.04	4.03	40.3	6.5	33.8
Jun	2	Med	1.04	3.69	36.9	3.2	33.7
Jun	3	Med	1.04	3.85	38.5	3.5	35.0
Jul	1	Med	1.04	4.04	40.4	4.3	36.0
Jul	2	Med	1.04	4.16	41.6	4.3	37.2
Jul	3	Med	1.04	4.36	48.0	3.1	44.9
Ago	1	Med	1.04	4.57	45.7	1.4	44.3
Ago	2	Med	1.04	4.78	47.8	0.1	47.7
Ago	3	Med	1.04	4.93	54.2	0.2	54.0
Sep	1	Med	1.04	5.08	50.8	0.5	50.3
Sep	2	Med	1.04	5.23	52.3	0.5	51.8
Sep	3	Fin	1.05	5.21	52.1	0.6	51.5
Oct	1	Fin	1.06	5.22	52.2	0.6	51.6
Oct	2	Fin	1.06	5.18	51.8	0.7	51.1
Oct	3	Fin	1.06	5.16	56.7	0.6	56.1
Nov	1	Fin	1.06	5.14	51.4	0.1	51.3
Nov	2	Fin	1.06	5.11	51.1	0.0	51.1
Nov	3	Fin	1.06	4.97	49.7	1.1	48.6
Dic	1	Fin	1.06	4.83	48.3	8.7	39.6
Dic	2	Fin	1.06	4.69	46.9	12.8	34.1
Dic	3	Fin	1.06	4.52	49.7	18.8	30.9
				Total	1714.1	566.0	1153.4

Leyenda. Kc: coeficiente de cultivo**. ETc:** evapotranspiración del cultivo**. Prec. Efec:** precipitación efectiva**. Req. Riego:** requerimiento de riego**. mm/dec**: milímetro decena.

Fuente: Elaboración propia

8.5 Programación De Riego

En la tabla 16 se observan diversos indicadores que muestran los resultados de las variantes de programación del riego determinadas por el CROPWAT para el cultivo de maíz, plátano, limón y cacao. En los resultados de esta programación se puede apreciar las necesidades de aplicación de riego durante los periodos establecidos en la zona estudiada.

La programación de riego generada por el CROPWAT muestra las necesidades hídricas del cultivo en cada una de sus etapas (inicio, desarrollo, media y final), determinando la cantidad de riego necesario 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 amerite.

Para el cultivo de maíz (Anexo 2 y 3), al igual que en 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 calculados un total de 20 y 26 riegos respectivamente.

En el periodo junio - agosto la lámina neta total es de 223.9 mm y la lámina bruta total de 263.4 mm, determinando para su etapa inicial, etapa de desarrollo y media y le etapa final promedios en la lámina neta y lámina bruta de 7.95 y 9.38 mm, 13.87 y 16.31 mm y 14.65 y 17.2 mm, respectivamente. Para el periodo septiembre – noviembre la lámina neta y la lámina bruta total son de 315.3 y 370.9 mm, determinando para la etapa inicial, desarrollo y media y la etapa final promedios en la lámina neta y lámina bruta de 8.42 y 9.91 mm, 14.8 y 17.41 mm y 16.15 y 19 mm, respectivamente.

En el cultivo de plátano (anexo 4), se establecieron un total de 114 riegos, tomando como un aporte inicial el 1 de enero y un aporte final de agua el 29 de diciembre, para satisfacer un requerimiento de riego de 1500.6 mm. En este periodo se registraron las lámina neta y lamina bruta con un total de 1518.6 y 1786.6 mm respectivamente. Estas dosis en todos los periodos del cultivo presentaron promedios en la lámina neta de 11.23, 15.23 y 14,2 mm y para la lámina bruta de 13.21, 17.91 y 16.7 mm en las etapas inicial, desarrollo y media y la etapa final respectivamente.

Para el cultivo de limón (anexo 5), el programa determino un total de 95 riegos durante las diferentes etapa, estableciendo un primer aporte en el mes de enero culminando con este en el mes de diciembre, calculando para el mismo un requerimiento total de 1242.5 mm de agua, con un total en la lámina neta de 1271.2 mm y en la lámina bruta 1495.5 en todos las etapas.

En el cultivo de cacao (anexo 6) el programa determino un total de 117 riego para todas sus etapas, con la lámina neta de 1547.3 y la lámina bruta de 1820.4, estableciendo un requerimiento total de 1535.2 mm de agua, dando un aporte inicial mediante riego, en el mes de enero y su aporte final en el mes de diciembre.

Tabla 16. Indicadores de programación del riego obtenidos en el CROPWAT

Cultivo	No. riegos	Lám. neta (mm)	Pérdida Total riego (mm)	Precipitac. Efectiva (mm)	Lam. Br. (mm)	Déficit (mm)	Requerimi. Real Riego (mm)	Efic. programa Riego (%)	Reduccion Rendim. (%)
Maíz (junio-agosto)	20	223.9	0.0	24.7	263.4	6.9	221.9	100.0	0.0
Maíz (septiembre-noviembre)	26	315.3	0.0	3.2	370.9	3.9	310.4	100.0	0.0
Plátano	114	1518.6	0.0	159.4	1786.6	0.0	1500.6	100.0	0.0
Limón	95	1271.2	0.0	180.1	1495.5	0.0	1242.5	100.0	0.0
Cacao	117	1547.3	0.0	158.9	1820.4	11.4	1535.2	100.0	0.0

Leyenda. Lam. Neta: lamina neta. **Lam. Br:** lamina bruta.

Fuente: Elaboración propia

8.6 Establecimiento del diseño agronómico e hidráulico para los cultivos maíz, plátano, cacao y limón

Se realizó el cálculo agronómico e hidráulico de cada uno de los sistemas, donde se determinaron cada uno de los componentes, lo que permitió realizar la propuesta de recursos necesarios para la reinstalación del sistema. Se obtuvo los siguientes resultados para los cultivos de limón y cacao, según se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Parámetros agronómicos del sistema para el cultivo del limón y el cacao

Cultivos/ Parámetros	Numero de hileras	Laterales	Longitud del lateral (m)	Caudal del lateral (L/s)	Número de subsectores	Tiempo de riego (h)	Tiempo para cubrir el área (h)
Limón	30	60	96	0,22	4	1,56	6,25
Cacao	60	120	40	0,088	2	1,46	2,93

Fuente: Elaboración propia

La parcela de cítrico dispone de 30 hileras de plantas, de 96 metros de largo, con un marco de plantación de 6x6 m, se colocarán 2 hileras de cintas por hilera de planta. Los caudales por laterales serán de 0,22 L/s. De acuerdo con estos valores el área será dividida en 4 subsectores para la organización y explotación del riego. Con respecto al cultivo del cacao, los laterales tendrán 40 metros de largo con un caudal de 0,088 L/s, lo que permite la organización del riego en dos subsectores.

Los componentes del plátano se relacionan en la tabla 18. Según las características del microaspersor utilizados, se propone un marco de riego de 4x6 metros, con lo que se logra una intensidad de aspersión de 5 mm/h. Con el valor de la dosis bruta promedio aplicarle al cultivo y la intensidad de aspersión se determinó el tiempo de riego del subsector que asciende a 3 horas con un intervalo de riego de 3 días.

Según el diseño hidráulico el caudal del lateral que se obtiene es de 0,33 L/s. Utilizando el caudal de la toma según el aforo permite el riego de 15 laterales de forma simultánea, con lo que se obtiene un total de 4 subsectores de riego, cada uno compuesto por 15 laterales.

Tabla 18. Parámetros agronómicos del sistema para el cultivo del plátano

Cultivo/ Parámetros	**Marco de riego** (m x m)	**Intensidad de aspersión** (mm/h)	**Número de laterales**	**Longitud del lateral** (m)	**Sectores de riego**	**Tiempo para cubrir el área del sector** (h)	**Caudal del lateral** (L/s)	**Caudal del subsector** (L/s)
Plátano	4x6	5	60	40	4	3	0,33	4,95

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos agronómicos e hidráulicos permitieron obtener el inventario final de equipos a utilizar por cada sistema.

Para el cultivo del limón se plantea la necesidad de 6 000 metros de cinta PC 16mm x 25cm de 1,6 l/h, para el cultivo del cacao se plantea la necesidad de 2 400 metros y para plátano se plantea la necesidad de 500 microaspersores y 2 400 metros de mangueras de PMD de 25 mm. Para la instalación de los sistemas también se necesitan de un conjunto de accesorios los cuales fueron determinados según las necesidades de cada subárea, los cuales se relacionan en la tabla 19 y 20. Además de estos recursos se planteó la compra de otros componentes que permitirán el monitoreo de la calidad del agua aplicada durante el riego, así como la determinación del momento de riego con los datos que brinde TDR (Time Domain Reflectrometry) permite la determinación muy precisa de la humedad del suelo.

Tabla 19. Recursos necesarios para la repotencialización de las áreas y desarrollo de actividades docentes e investigativas

N°	Recurso	Modelo	UM	Cantidad	Costo/U	Costo Total
1	Cunductímetro ph meter portátil, TDS para determinar Calidad del agua		u	1	246,20	246,20
2	TDR (Time Domain Reflectrometry) permite la determinación muy precisa de la humedad del suelo		u	1	2476,24	2476,24
3	Cinta PC 16 mm x 25cm de 1,6 l/h E=15000		m	7000	0,25	1750,00
4	Emisor Amanco 1 MFM PC	40 L/h	u	500	1,53	765,00
5	Válvula de 20 mm		u	40	7,40	296.00
6	Terminal de 16 mm		u	140	0,05	7,00
7	Tee de 20 x 16 x16		u	140	0,37	25,90
8	Enlace cinta tubo		u	140	0,08	11,20
9	Manguera de 16 mm		u	400	0,21	84,00
10	Conector de 16 mm		u	140	0,15	21,00
11	Manguera de 25 mm		m	1650	0,30	495,00
12	Estaca conector para para Microaspersor		u	500	0,65	325,00
13	Terminal marguera de 25 mm		u	70	0,07	4,90
14	Filtro de 13 m3/h de 2”		u	2	49,03	98,06
15	Válvula de aire triple efecto		u	2	29,99	59,98
16	Válvulas de mano 2”		u	2	32,24	64,48
17	Codo de 2 “		u	8	4,11	32,88
18	Manómetro		u	4	10,13	40,52
19	Collarín de 2” x 12 mm		u	8	3,27	26,16
SUB TOTAL						**6829,32**
IVA (12%)						819,51
TOTAL						**7648.83**

Tabla 20. Recursos necesarios para la repotencialización de las áreas y desarrollo de actividades docentes e investigativas.

N°	Recurso	UM	Cantidad	Costo/U	Costo Total
1	Adaptador 25 x 1/2′H	u	60	0,28	14,32
2	Adaptador 25 x 3/4′H	u	10	0,39	3,32
3	Adaptador 25 x 3/4′H	u	10	0,39	3,32
4	Adaptador flex 3/4′H	u	10	0,25	2,13
5	Aspersor 1/2′ 2 salidas con dos boquillas remo C/CAP	u	5	1,12	4,77
6	Aspersor 1/2′ 1 salida Angulo bajo	u	5	1,11	4,73
7	Aspersor 1/2′ 1 amarillo eje acero	u	5	1,14	4,86
8	Aspersor 1/2′ 2 salidas boquilla fija	u	5	1,00	4,26
9	Aspersor 1/2′ 2 salidas brazo angular	u	5	1,12	4,77
10	Aspersor 1/2′ tipo seninger,	u	5	1,40	5,97
11	Aspersor 3/4′,	u	5	2,80	11,93
12	Aspersor palmas 3 salidas.	u	5	1,24	5,28
13	Gotero (2L/H) 8207P	u	10	0,19	1,62
14	Gotero (4L/H) 8207P	u	10	0,20	1,70
15	Gotero (8L/H) 8207P	u	10	0,28	2,39
16	Gotero ajustable 8207H (70L/H)	u	10	0,17	1,45
17	Gotero (100L/h).	u	10	0,19	1,62
18	Microaspersor 40-120 L/H azul-negro	u	5	0,44	1,88
19	Microaspersor 200 L/H amarillo	u	5	1,49	6,35
20	Microaspersor 40 L/H Lilia-azul	u	5	1,11	4,74
21	Microaspersor 295-384 L/H blanco-verde	u	5	1,40	5,98
22	Microaspersor 295-384 L/H negro-verde	u	5	1,78	7,59
23	Aspersor 3/4 cabeza loca falda M	u	5	3,79	16,15
24	Llave 25 MH	u	3	4,26	10,89
25	Llave 1/2” MH	u	3	3,54	9,05
26	Llave 3/4” MH	u	3	3,55	9,08
27	Caucho banarriego 16	u	200	0,15	26,38
28	Codo 50 x 90°,	u	6	0,90	4,75
29	Codo FAB 63 x 90°.		6	1,65	8,71
30	Collarrin 50 x 1/2′	u	4	1,98	6,96
31	Collarin 63 x 1/2′.	u	2	3,92	6,89
32	Banaglu litro	u	1	14,36	14,36
33	Venturi	u	1	21,73	21,73
34	Reductor flex 3/4′ x 1/2′	u	60	0,14	8,44
35	Tee Flex 1/2′.	u	70	0,17	11,70
36	Conector Para Cinta 16 mm.	u	40	0,22	8,79
37	Unión flex 1/2′,	u	85	0,11	8,97
38	Unión flex 3/4′.	u	90	0,18	16,62
39	Válvula conector 16, manguera-tubo,	u	40	0,57	22,86
40	Válvula conector cinta-mangera.	u	70	0,48	33,86
TOTAL					**351,17**

IX. DISCUSIÓN

Se realizó un estudio sobre las necesidades hídricas de cuatro cultivos de interés agronómico dentro del área de producción e investigación de la FIAG, mediante la utilización del programa de computo CROPWAT, el cual arrojo resultados de 250.1 mm/temporada y 317.5 mm/temporada en el cultivo de maíz en los dos periodos analizados, para el cultivo de plátano se establecen requerimientos de agua de 1132.6 mm/año, para el cultivo de limón de 906.2 mm/año y para el cultivo de cacao de 1153.4 mm/año.

En lo que corresponde al cultivo de maíz, los resultados anteriores se asemejan a los requerimiento de agua obtenidos por Arteaga, Ángeles y Vásquez (2011), en una investigación realizada en Planeación y Manejo del Recurso Hídrico mediante el CROPWAT, en condiciones del estado de México, en el cual manifiestan que el cultivo de maíz responde bien en todas sus etapas con precipitaciones anuales de 1296 mm (324 mm/temporada). Esta mínima diferencia en los requerimiento de agua obtenidos en esta investigación puedan deberse a las diferentes condiciones agroclimáticas dadas en cada zona.

En los resultados obtenidos para el cultivo de plátano, se asemejan a los reportados por Valdivieso (2017) donde las necesidades hídricas ascienden a 1.574,40 mm/año. Mientras que en el cultivo de limón estos resultados difieren a los obteniendo por Valdivieso (2017) que establecen 1.449,60 mm anuales. Con respecto al cultivo de cacao los resultados difieren con los requerimientos de riego sugeridos por el INIAP (2010), en su manual sobre el manejo técnico del cultivo de cacao en Manabí, en el que establece de 1.500 y 2.500 mm/año, y con los requerimientos obtenidos por Valdivieso (2017) en el que obtuvo necesidades de riego de 1.458 mm/año.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que las condiciones agroclimáticas en las que se realizaron los trabajos antes mencionados, son totalmente diferentes a las condiciones en las que se realizó la presente investigación, y por ende las necesidades hídricas de estos cultivos en cada zona de estudio no serán iguales.

X. CONCLUSIONES

Al analizar las condiciones climáticas de la zona se comprobó la delimitación de dos periodos, un primer periodo en el cual se concentran las mayores precipitaciones con los valores de evaporación más bajos, y un segundo periodo donde existen los valores de precipitación más bajos y los valores de evaporación más altos, por lo cual se da la mayor pérdida de agua y el menor aporte de la misma mediante la lluvia, lo que hace imprescindible el realizar la aplicación de riego durante este periodo.

En el análisis de la programación de riego en el cultivo de maíz, quedan diferenciados dos periodos con demandas hídricas diferentes por las condiciones climáticas en las que se desarrolla. Para los cultivos de cacao, limón y plátano se realizó una programación anual, en el estudio de esta programación para estos cultivos perennes, se comprobó que el comportamiento de las datos tuvieron incidencia directa en las necesidades hídricas de estos cultivos, que enmarcan la mayor demanda entre en los meses de junio a diciembre debido al comportamiento de los datos agroclimáticos, de aquí la necesidad de realizar durante este periodo la instalación y explotación de sistemas de riego para sustentar las necesidades hídricas de los cultivos en estudio.

La repotencialización de los sistemas de riego en los cultivos del limón, cacao y plátano, para lo cual se han realizado las determinaciones agronómicas e hidráulica permitirán cumplir con la programación del riego obtenida de la aplicación del programa CROPWAT y con la utilización de la base agroclimática del área docente experimental de la Facultad de Ingeniería Agronómica.

XI. RECOMENDACIONES

Con los conocimientos adquiridos durante esta investigación se puede recomendar seguir realizando trabajos relacionados a la estimación de las necesidades hídricas de diferentes cultivos en la zona estudiada y en diferentes zonas de interés agronómico en el país.

Aunque los registros de datos climáticos en la zona comprende un periodo de 13 años, es importante continuar con el registro de los mismos y actualizar permanentemente los datos disponibles, de esta forma se podrá hacer una mejor estimación de los requerimientos hídricos mediante el CROPWAT, y así lograr mejorar la producción de los cultivos mediante el fortalecimiento de estrategias empleadas.

Para el mejoramiento de aplicación de riego en los cultivos se debe de contar con los equipos y materiales adecuados para cada sistema de riego dentro del campo de producción.

XII. BIBLIOGRAFÍA

1. Agustín, M. (2003). Citricultura. Humedad Relativa. El Riego. 2da. Ed. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. p. 113-369.
2. Alvarado, C; Morales, F; Carrillo, M; Suarez, A y Briones, W. (2016). Comparación económica de un sistema de plantación de cacao semitecnificado en dos zonas productoras del Ecuador. Revista Ciencia E Investigación. Vol. 1, No. 4. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/4188/2/iniapeetp%20AR2016.pdf.
3. Arteaga R; Ángeles, V y Vázquez M. (2011). Programa cropwat para planeación y manejo del recurso hídrico. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.2 Núm.2. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://scielo.unam.mx/pdf/remexca/v2n2/v2n2a1.pdf
4. 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
5. Castillo, A y Ordinola, L. (2015). Diseño De Un Sistema De Riego Automatizado, Controlado Y Monitoreado Remotamente A Través De Internet Para El Cultivo De Plátano Guineo. Universidad Nacional De Piura. Facultad De Ciencias. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/799/IET-CAS-RIV-15.pdf?sequence=1
6. Castaño, L; Aristizábal. M y González, H. (2011). Requerimientos Hídricos Del Plátano Dominico Hartón (Musa Aab simmonds) En La Región Santágueda, Palestina, Caldas. Vol. 19, No. 1. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia19(1)_6.pdf.pdf
7. Cisneros, R. (2003). Apuntes De Riego Y Drenaje. Universidad Autónoma De San Luis De Potosí. Facultad De Ingeniería. Centro De Investigación Estudio De Postgrado Y Área Agrogeodesica. p.164. (en línea). consultado el 2 de junio del 2017. Disponible en: http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego%20y%20Drenaje.pdf

8. 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
9. 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
10. Cleves, J; Toro, J y Martínez, L. (2016). Los balances hídricos agrícolas en modelos de simulación agroclimáticos. Una revisión analítica. Revista colombiana de ciencias hortícolas. Vol. 10, No 1. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v10n1/v10n1a14.pdf.
11. Cigales, M y Pérez, O. (2011). Variabilidad de suelos y requerimiento hídrico del cultivo de banano en una localidad del Pacífico de México. Avances en investigación agropecuaria. Revista de investigación y difusión científica agropecuaria. Vol. 15, No. 3. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2011/sept/2.pdf.
12. FAO. (Food and Agricultural Organization). (2002). Agua y cultivos. logrando el uso óptimo del agua en los cultivos. (en línea). consultado el 20 de mayo del 2017. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/cropsdrops_s.pdf
13. FAO. (Food and Agricultural Organization). (2003). Descubrir el potencial del agua para la agricultura. (en línea). consultado el 2 de junio del 2017. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/unlocking_s.pdf
14. FAO (Food and Agricultural Organization). (2011). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. la gestión de los sistemas en situación de riesgo. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/015/i1688s/i1688s00.pdf
15. Fernández, M; Orgaz, E; Fereres, J; López, A; Céspedes, J; Pérez, S; Bonachela, M y Gallardo. (2001). Programación De Riego De Cultivos Hortícola Bajo Invernadero En El Sudeste Español. p. 71. consultado el 2 de junio del 2017. Disponible en: http://personales.upv.es/~rperez/mriego/PrgRieg.pdf

16. Fernandes, R. (2010). Manual de riego para agricultores: módulo 1. Fundamentos del riego. Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación. Sevilla 2010. p.104.
17. Fuentes, J y García, E. (1999). Técnicas de riego. Sistemas de riego en la agricultura. p. 108-113.
18. 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.
19. Gerrero, 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
20. 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/TESIS%20DE%20ANDREA%20Y%20WALTER/DOC.%20LIMON/003.%20LIMON.pdf
21. Gualpa, F. (2014). Diseño De Un Proyecto De Riego Por Goteo Y Microaspersión Para El Cultivo De Cacao En El Congoma, Santo Domingo De Los Tsáchilas. Departamento De Ciencias De La Vida Y La Agricultura. p.140. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8265/1/T-ESPE-002692.pdf.
22. Herrera, L y Calderón, R. (2016). Índice De Calidad Del Suelo En Fincas Convencionales Y Semi-Ecológicas Productoras De Plátano Hartón Domínico (Musa AAB simmonds). Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Facultad De Medio Ambiente Y Recursos Naturales Ingeniería Ambiental. Bogotá. p. 77. (en línea) consultado el 10 de diciembre del 2017. disponible en: http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4449/1/Calder%C3%B3nRodr%C3%ADguezLinaIsabelHerreraCulmaRoberthAlberto2016.pdf
23. 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

24. 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
25. INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias) (2011). Algunas consideraciones para el manejo de riego en Cítricos. Revista TIERRA ADENTRO. Chile. p 66-74. (en línea) consultado el 10 de diciembre del 2017. disponible en: http://www2.inia.cl/medios/tierraadentro/TierraAdentro94.pdf
26. INIFAC (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2004). riego y fertilización en platano (*musa spp*) cultivar fhia-01 en la costa de Nayarit. Centro de investigación regional del Pacifico Centro. Mexico. p 34. (en línea). consultado el 13 de septiembre del 2017. Disponible en: http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1269/Platano_musassp_1269.pdf?sequence=1
27. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (2009). Bases para el manejo del cultivo de maíz. Requerimientos agroclimáticos del cultivo de maíz. p 8-24. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maiz_reglon_100-2_2.pdf
28. INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). (2010). Guía tecnológica del cultivo de maíz. 2da. ed. No. 3. p 36. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/GUIA%20MAIZ%202010%202DA%20EDICION.pdf
29. Íñiguez, M; Ojeda, W y Rojano, A. (2011). Metodología para la determinación de la evapotranspiración integrada y la capacidad de canales en una zona de riego. Revista FCA UNCUYO. Vol. 43, No. 2. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v43n2/v43n2a14.pdf
30. MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). (2011). Plan Nacional De Riego Y Drenaje 2011-2026. Subsecretaria De Riego Y Drenaje. p.166.

31. 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
32. 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%20Isabel-Rodr%C3%ADguez%20Zambrano%20Wellington.pdf.
33. Monteros, A; Sarauz, S. (2015). Panorama Agroeconómico Del Ecuador, Una Visión Del 2015. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Quito, Ecuador. (en línea). consultado el 20 de mayo del 2017. Disponible en: http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/indice_productividad.pdf
34. Ospina, J. (2015). Manual Técnico del Cultivo de Maíz Bajo Buenas Prácticas Agrícolas. Medellin, Colombia. p. 152. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20%20MAIZ.pdf
35. Palestina, M. (2015). Sistema Para Programar Y Calendarizar El Riego De Los Cultivos En Tiempo Real. Colegio De Postgraduados. Institución de Enseñanzas e Investigación en Ciencias Agrícolas. México. p. 82. (en línea). consultado el 2 de junio del 2017. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263150548014
36. Palma, Y; Palma, G; Molina, B y Santana, L. (2015) Sistema de riego automatizado para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.)* en la ESPAM MFL – Ecuador. Revista Tecnológica ESPOL – RTE, Vol. 28, N. 2. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: file:///C:/Users/Usuario1/Downloads/344-1049-1-PB%20(1).pdf.
37. Palma, G y Palma, Y. (2013). Sistematización Del Riego Por Aspersión Para El Cultivo De Cacao (Theobroma cacao L) En El Área De Agrícola De La ESPAM

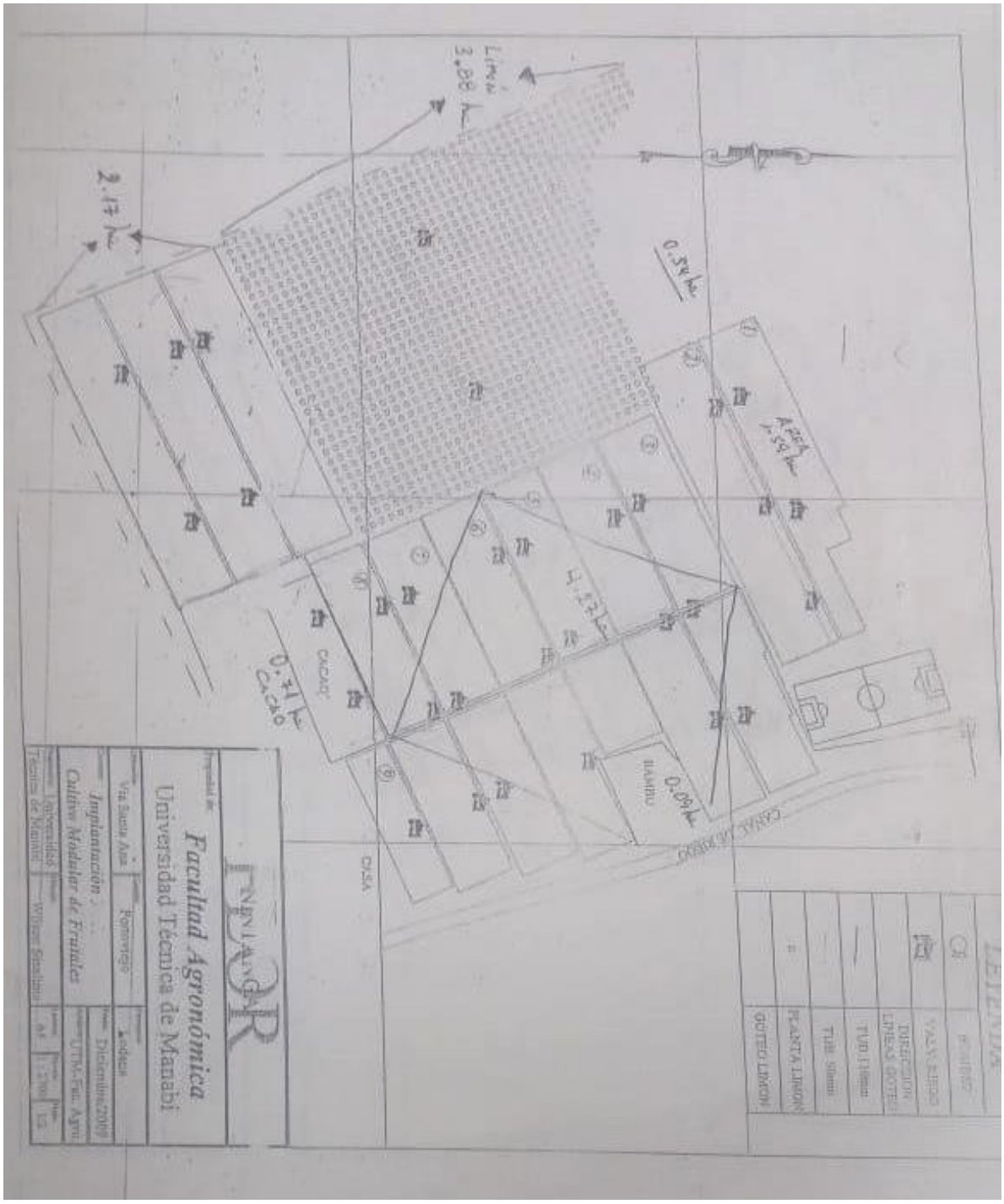
MFL. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López. p. 71. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/70/1/GEMA%20TERESA%20PALMA%20ALC%C3%8DVAR%20-%20%20YENIFER%20DAYANA%20PALMA%20MORA.pdf.

38. Santos, L; Picornell, M; Martin-Benito, J; Valero, J. (2010). El Riego Y Sus Tecnologías. p. 296.
39. Torres, S. (2012). Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira. p. 72. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual_banano.pdf.
40. Vizcaino y Betancourt. (2013) Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para Banano. Ministerio De Agricultura, Ganadería, Acuacultura Y Pesca. Agrocalidad. p. 81. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2014/10/Gui%CC%81a-BPA-Bananoeditada.pdf.
41. Vizcaino y Betancourt. (2012). Guía De Buenas Prácticas Agrícolas Para Cacao. Resolución Técnica N° 0183. Ministerio De Agricultura, Ganadería, Acuacultura Y Pesca. Agrocalidad. p. 68. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/Guia-BPA-publicaciones/2016/diciembre/guia-buenas-practicas-agricolas-cacao-13-12-2016.pdf.
42. 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
43. Vanegas, M. (2002). Guía Técnica Cultivo Del Limón Pérsico. Programa Nacional De Frutas De El Salvador. 1ra ed. p. 46. . (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible en: http://repiica.iica.int/docs/B0217e/B0217e.pdf.
44. Vásquez, A; Vásquez, I; Vásquez, C y Cañamero, M. (2017). Fundamentos De Ingeniería De Riegos. 1ra. Ed. Lima-Perú. p. 442.
45. Zamora, S; Ruiz, F; Beltrán, F; Fenech, L; Loya, J y Troyo Y.(2016). régimen hídrico del maíz en una zona árida, determinado en porcentajes de evaporación. Vol. 1, No. 1. México. (en línea). consultado el 24 de agosto del 2017. Disponible

en:
https://www.researchgate.net/profile/Bernardo_Amador/publication/289596992_Water_regime_of_corn_in_a_dry_area_in_particular_rates_of_evaporation/links/5693e5d508ae3ad8e33b4018/Water-regime-of-corn-in-a-dry-area-in-particular-rates-of-evaporation.pdf.

XIII. ANEXOS

Anexo 1. Esquema del área



Anexo 2. Programación de riego para el cultivo de maíz (junio – agosto)

Fecha	Día	Etapa	Precipit. mm	Ks fracc.	ETa %	Agot. %	Lám.Neta mm	Déficit mm	Pérdida mm	Lam.Br. mm	Caudal l/s/ha
1 Jun	1	Ini	0.0	1.00	100	19	6.5	0.0	0.0	7.7	0.89
4 Jun	4	Ini	0.0	1.00	100	17	6.4	0.0	0.0	7.6	0.29
6 Jun	6	Ini	0.0	1.00	100	16	6.4	0.0	0.0	7.6	0.44
9 Jun	9	Ini	0.0	1.00	100	21	9.4	0.0	0.0	11.0	0.42
12 Jun	12	Ini	0.0	1.00	100	18	8.8	0.0	0.0	10.4	0.40
15 Jun	15	Ini	0.0	1.00	100	16	8.5	0.0	0.0	10.0	0.39
19 Jun	19	Ini	0.0	1.00	100	16	9.7	0.0	0.0	11.4	0.33
23 Jun	23	Des	1.7	1.00	100	17	10.7	0.0	0.0	12.6	0.36
27 Jun	27	Des	1.7	1.00	100	16	11.1	0.0	0.0	13.0	0.38
1 Jul	31	Des	0.0	1.00	100	18	13.4	0.0	0.0	15.8	0.46
5 Jul	35	Des	0.0	1.00	100	16	13.1	0.0	0.0	15.4	0.45
9 Jul	39	Des	0.0	1.00	100	15	13.1	0.0	0.0	15.4	0.45
13 Jul	43	Med	2.2	1.00	100	16	14.1	0.0	0.0	16.6	0.48
17 Jul	47	Med	2.2	1.00	100	16	14.5	0.0	0.0	17.0	0.49
21 Jul	51	Med	0.0	1.00	100	19	16.9	0.0	0.0	19.9	0.57
25 Jul	55	Med	0.0	1.00	100	18	15.9	0.0	0.0	18.7	0.54
29 Jul	59	Med	0.0	1.00	100	18	15.9	0.0	0.0	18.7	0.54
2 Ago	63	Fin	0.0	1.00	100	18	15.6	0.0	0.0	18.3	0.53
6 Ago	67	Fin	0.0	1.00	100	16	13.7	0.0	0.0	16.1	0.47
9 Ago	Fin	Fin	0.0	1.00	0	8					

Anexo 3. Programación de riego para el cultivo de maíz (septiembre - noviembre)

Fecha	Día	Etapa	Precipit. mm	Ks fracc.	ETa %	Agot. %	Lám.Neta mm	Déficit mm	Pérdida mm	Lam.Br. mm	Caudal l/s/ha
1 Sep	1	Ini	0.0	1.00	100	21	7.3	0.0	0.0	8.6	1.00
3 Sep	3	Ini	0.3	1.00	100	21	7.8	0.0	0.0	9.2	0.53
5 Sep	5	Ini	0.0	1.00	100	20	8.1	0.0	0.0	9.5	0.55
7 Sep	7	Ini	0.3	1.00	100	18	7.8	0.0	0.0	9.2	0.53
9 Sep	9	Ini	0.0	1.00	100	18	8.1	0.0	0.0	9.5	0.55
11 Sep	11	Ini	0.0	1.00	100	17	8.2	0.0	0.0	9.6	0.56
13 Sep	13	Ini	0.3	1.00	100	16	8.0	0.0	0.0	9.5	0.55
15 Sep	15	Ini	0.0	1.00	100	15	8.3	0.0	0.0	9.8	0.56
18 Sep	18	Ini	0.0	1.00	100	21	12.2	0.0	0.0	14.3	0.55
21 Sep	21	Des	0.0	1.00	100	21	12.8	0.0	0.0	15.0	0.58
24 Sep	24	Des	0.0	1.00	100	20	13.2	0.0	0.0	15.5	0.60
27 Sep	27	Des	0.3	1.00	100	19	13.2	0.0	0.0	15.5	0.60
30 Sep	30	Des	0.0	1.00	100	18	13.5	0.0	0.0	15.9	0.61
3 Oct	33	Des	0.3	1.00	100	19	15.1	0.0	0.0	17.8	0.69
6 Oct	36	Des	0.0	1.00	100	19	15.4	0.0	0.0	18.1	0.70
9 Oct	39	Des	0.0	1.00	100	17	15.1	0.0	0.0	17.8	0.69
12 Oct	42	Med	0.0	1.00	100	18	15.5	0.0	0.0	18.3	0.70
15 Oct	45	Med	0.0	1.00	100	18	15.8	0.0	0.0	18.6	0.72
18 Oct	48	Med	0.0	1.00	100	18	15.4	0.0	0.0	18.2	0.70
21 Oct	51	Med	0.0	1.00	100	18	15.8	0.0	0.0	18.5	0.71
24 Oct	54	Med	0.0	1.00	100	17	15.4	0.0	0.0	18.1	0.70
27 Oct	57	Med	0.3	1.00	100	17	15.4	0.0	0.0	18.1	0.70
30 Oct	60	Med	0.0	1.00	100	18	15.7	0.0	0.0	18.4	0.71
3 Nov	64	Fin	0.0	1.00	100	19	16.8	0.0	0.0	19.8	0.57
7 Nov	68	Fin	0.0	1.00	100	18	15.5	0.0	0.0	18.2	0.53
9 Nov	Fin	Fin	0.0	1.00	0	4					

Anexo 4. Programación de riego para el cultivo de plátano

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám. Neta	Déficit	Pérdida	Lam. Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
1 Ene	1	Ini	0.0	1.00	100	18	8.1	0.0	0.0	9.6	1.11
4 Ene	4	Ini	0.0	1.00	100	16	7.4	0.0	0.0	8.7	0.34
6 Ene	6	Ini	0.0	1.00	100	16	7.4	0.0	0.0	8.7	0.50
8 Ene	8	Ini	0.0	1.00	100	16	7.4	0.0	0.0	8.7	0.50
10 Ene	10	Ini	0.0	1.00	100	16	7.4	0.0	0.0	8.7	0.50
12 Ene	12	Ini	0.0	1.00	100	15	7.1	0.0	0.0	8.4	0.48
15 Ene	15	Ini	0.0	1.00	100	22	10.7	0.0	0.0	12.5	0.48
19 Ene	19	Ini	0.0	1.00	100	22	10.7	0.0	0.0	12.5	0.36
22 Ene	22	Ini	0.0	1.00	100	22	10.9	0.0	0.0	12.8	0.49
25 Ene	25	Ini	0.0	1.00	100	22	11.0	0.0	0.0	12.9	0.50
29 Ene	29	Ini	0.0	1.00	100	22	11.0	0.0	0.0	12.9	0.37
1 Feb	32	Ini	0.0	1.00	100	21	11.1	0.0	0.0	13.1	0.50
5 Feb	36	Ini	0.0	1.00	100	21	11.3	0.0	0.0	13.3	0.39
9 Feb	40	Ini	0.0	1.00	100	21	11.3	0.0	0.0	13.3	0.39
12 Feb	43	Ini	0.0	1.00	100	21	11.5	0.0	0.0	13.6	0.52
15 Feb	46	Ini	0.0	1.00	100	21	11.6	0.0	0.0	13.7	0.53
19 Feb	50	Ini	0.0	1.00	100	21	11.6	0.0	0.0	13.7	0.40
22 Feb	53	Ini	0.0	1.00	100	21	12.2	0.0	0.0	14.3	0.55
25 Feb	56	Ini	0.0	1.00	100	22	12.5	0.0	0.0	14.7	0.57
1 Mar	60	Ini	0.0	1.00	100	22	12.8	0.0	0.0	15.0	0.44
4 Mar	63	Ini	0.0	1.00	100	15	9.0	0.0	0.0	10.6	0.41
9 Mar	68	Ini	0.0	1.00	100	22	13.5	0.0	0.0	15.8	0.37
11 Mar	70	Ini	0.0	1.00	100	15	9.3	0.0	0.0	10.9	0.63
14 Mar	73	Ini	0.0	1.00	100	15	9.6	0.0	0.0	11.3	0.43
16 Mar	75	Ini	0.0	1.00	100	15	9.6	0.0	0.0	11.3	0.65
18 Mar	77	Ini	0.0	1.00	100	15	9.6	0.0	0.0	11.3	0.65
20 Mar	79	Ini	0.0	1.00	100	15	9.6	0.0	0.0	11.3	0.65
25 Mar	84	Ini	0.0	1.00	100	22	14.2	0.0	0.0	16.7	0.39
29 Mar	88	Ini	0.0	1.00	100	22	14.2	0.0	0.0	16.7	0.48
1 Abr	91	Ini	0.0	1.00	100	21	14.1	0.0	0.0	16.6	0.64
5 Abr	95	Ini	0.0	1.00	100	21	13.9	0.0	0.0	16.4	0.47
9 Abr	99	Ini	0.0	1.00	100	20	13.9	0.0	0.0	16.4	0.47
12 Abr	102	Ini	0.0	1.00	100	20	13.9	0.0	0.0	16.3	0.63
15 Abr	105	Ini	0.0	1.00	100	20	13.8	0.0	0.0	16.3	0.63
19 Abr	109	Ini	0.0	1.00	100	20	13.8	0.0	0.0	16.3	0.47
22 Abr	112	Ini	0.0	1.00	100	19	13.5	0.0	0.0	15.8	0.61
25 Abr	115	Ini	0.0	1.00	100	18	13.3	0.0	0.0	15.6	0.60
29 Abr	119	Ini	0.0	1.00	100	18	13.3	0.0	0.0	15.6	0.45
2 May	122	Des	0.0	1.00	100	18	13.1	0.0	0.0	15.4	0.59
5 May	125	Des	0.0	1.00	100	17	13.0	0.0	0.0	15.3	0.59
9 May	129	Des	0.0	1.00	100	17	13.0	0.0	0.0	15.3	0.44
12 May	132	Des	0.0	1.00	100	17	12.9	0.0	0.0	15.2	0.59
15 May	135	Des	0.0	1.00	100	17	12.9	0.0	0.0	15.1	0.58
19 May	139	Des	0.0	1.00	100	16	12.9	0.0	0.0	15.1	0.44
22 May	142	Des	0.0	1.00	100	16	12.6	0.0	0.0	14.8	0.57
25 May	145	Des	0.0	1.00	100	16	12.5	0.0	0.0	14.7	0.57
29 May	149	Des	0.0	1.00	100	16	12.5	0.0	0.0	14.7	0.43
1 Jun	152	Des	0.0	1.00	100	15	12.3	0.0	0.0	14.4	0.56
5 Jun	156	Des	0.0	1.00	100	15	12.4	0.0	0.0	14.6	0.42
10 Jun	161	Des	0.0	1.00	100	20	16.4	0.0	0.0	19.2	0.45
14 Jun	165	Des	0.0	1.00	100	16	13.4	0.0	0.0	15.7	0.45
18 Jun	169	Des	0.0	1.00	100	16	13.4	0.0	0.0	15.7	0.45
22 Jun	173	Des	0.0	1.00	100	18	15.5	0.0	0.0	18.3	0.53
26 Jun	177	Des	0.0	1.00	100	18	16.1	0.0	0.0	18.9	0.55
30 Jun	181	Med	0.0	1.00	100	18	16.1	0.0	0.0	18.9	0.55

4 Jul	185	Med	0.0	1.00	100	17	14.9	0.0	0.0	17.5	0.51
8 Jul	189	Med	0.0	1.00	100	17	14.9	0.0	0.0	17.5	0.51
12 Jul	193	Med	0.0	1.00	100	20	17.3	0.0	0.0	20.4	0.59
16 Jul	197	Med	0.0	1.00	100	20	17.6	0.0	0.0	20.7	0.60
20 Jul	201	Med	0.0	1.00	100	20	17.6	0.0	0.0	20.7	0.60
24 Jul	205	Med	0.0	1.00	100	19	16.9	0.0	0.0	19.9	0.58
28 Jul	209	Med	0.0	1.00	100	19	16.9	0.0	0.0	19.9	0.58
31 Jul	212	Med	0.0	1.00	100	16	13.8	0.0	0.0	16.3	0.63
3 Ago	215	Med	0.7	1.00	100	16	13.8	0.0	0.0	16.2	0.63
6 Ago	218	Med	0.0	1.00	100	16	14.5	0.0	0.0	17.1	0.66
9 Ago	221	Med	0.0	1.00	100	16	14.5	0.0	0.0	17.1	0.66
12 Ago	224	Med	0.0	1.00	100	17	14.9	0.0	0.0	17.6	0.68
15 Ago	227	Med	0.0	1.00	100	17	15.2	0.0	0.0	17.8	0.69
18 Ago	230	Med	0.0	1.00	100	17	15.1	0.0	0.0	17.8	0.69
21 Ago	233	Med	0.0	1.00	100	17	15.3	0.0	0.0	18.0	0.70
24 Ago	236	Med	0.0	1.00	100	18	15.5	0.0	0.0	18.3	0.70
27 Ago	239	Med	0.1	1.00	100	18	15.5	0.0	0.0	18.3	0.70
30 Ago	242	Med	0.0	1.00	100	18	15.6	0.0	0.0	18.4	0.71
2 Sep	245	Med	0.0	1.00	100	18	16.0	0.0	0.0	18.8	0.72
5 Sep	248	Med	0.0	1.00	100	18	16.1	0.0	0.0	19.0	0.73
8 Sep	251	Med	0.0	1.00	100	18	15.9	0.0	0.0	18.7	0.72
11 Sep	254	Med	0.0	1.00	100	18	16.3	0.0	0.0	19.1	0.74
14 Sep	257	Med	0.0	1.00	100	19	16.3	0.0	0.0	19.2	0.74
17 Sep	260	Med	0.3	1.00	100	19	16.3	0.0	0.0	19.2	0.74
20 Sep	263	Med	0.0	1.00	100	19	16.6	0.0	0.0	19.5	0.75
23 Sep	266	Med	0.3	1.00	100	18	16.2	0.0	0.0	19.0	0.73
26 Sep	269	Med	0.0	1.00	100	19	16.5	0.0	0.0	19.4	0.75
29 Sep	272	Med	0.0	1.00	100	19	16.5	0.0	0.0	19.4	0.75
2 Oct	275	Med	0.0	1.00	100	19	16.4	0.0	0.0	19.3	0.74
5 Oct	278	Med	0.0	1.00	100	19	16.3	0.0	0.0	19.2	0.74
8 Oct	281	Med	0.0	1.00	100	18	16.0	0.0	0.0	18.8	0.73
11 Oct	284	Med	0.0	1.00	100	18	16.3	0.0	0.0	19.1	0.74
14 Oct	287	Med	0.0	1.00	100	18	15.8	0.0	0.0	18.6	0.72
17 Oct	290	Med	0.4	1.00	100	18	15.8	0.0	0.0	18.6	0.72
20 Oct	293	Med	0.0	1.00	100	18	16.2	0.0	0.0	19.0	0.73
23 Oct	296	Med	0.3	1.00	100	18	15.8	0.0	0.0	18.6	0.72
26 Oct	299	Med	0.0	1.00	100	18	16.1	0.0	0.0	19.0	0.73
29 Oct	302	Med	0.0	1.00	100	18	16.1	0.0	0.0	19.0	0.73
1 Nov	305	Med	0.0	1.00	100	18	16.1	0.0	0.0	18.9	0.73
4 Nov	308	Med	0.0	1.00	100	18	16.0	0.0	0.0	18.8	0.73
7 Nov	311	Med	0.0	1.00	100	18	16.0	0.0	0.0	18.8	0.73
10 Nov	314	Med	0.0	1.00	100	18	16.0	0.0	0.0	18.9	0.73
13 Nov	317	Med	0.0	1.00	100	18	16.0	0.0	0.0	18.8	0.73
16 Nov	320	Med	0.0	1.00	100	18	16.0	0.0	0.0	18.8	0.73
19 Nov	323	Med	0.0	1.00	100	18	16.0	0.0	0.0	18.8	0.73
22 Nov	326	Med	0.0	1.00	100	18	15.7	0.0	0.0	18.4	0.71
25 Nov	329	Med	0.0	1.00	100	18	15.5	0.0	0.0	18.3	0.70
28 Nov	332	Med	0.0	1.00	100	17	14.9	0.0	0.0	17.6	0.68
1 Dic	335	Med	0.0	1.00	100	17	15.4	0.0	0.0	18.1	0.70
5 Dic	339	Med	0.0	1.00	100	18	15.7	0.0	0.0	18.4	0.53
9 Dic	343	Med	0.0	1.00	100	18	15.7	0.0	0.0	18.4	0.53
12 Dic	346	Med	0.0	1.00	100	17	14.8	0.0	0.0	17.4	0.67
15 Dic	349	Med	0.0	1.00	100	17	14.6	0.0	0.0	17.2	0.66
19 Dic	353	Med	0.0	1.00	100	17	14.6	0.0	0.0	17.2	0.50
22 Dic	356	Med	0.0	1.00	100	16	14.3	0.0	0.0	16.8	0.65
25 Dic	359	Med	0.0	1.00	100	16	14.2	0.0	0.0	16.7	0.64
29 Dic	363	Fin	0.0	1.00	100	16	14.2	0.0	0.0	16.7	0.48
31 Dic	Fin	Fin	0.0	1.00	0	5					

Anexo 5. Programación de riego para el cultivo de limón

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám. Neta	Déficit	Pérdida	Lam. Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
1 Ene	1	Ini	0.0	1.00	100	17	7.7	0.0	0.0	9.1	1.05
5 Ene	5	Ini	0.0	1.00	100	22	9.9	0.0	0.0	11.6	0.34
9 Ene	9	Ini	0.0	1.00	100	21	9.9	0.0	0.0	11.6	0.34
12 Ene	12	Ini	0.0	1.00	100	20	9.6	0.0	0.0	11.3	0.44
15 Ene	15	Ini	0.0	1.00	100	20	9.5	0.0	0.0	11.1	0.43
19 Ene	19	Ini	0.0	1.00	100	19	9.5	0.0	0.0	11.1	0.32
22 Ene	22	Ini	0.0	1.00	100	19	9.7	0.0	0.0	11.4	0.44
25 Ene	25	Ini	0.0	1.00	100	19	9.8	0.0	0.0	11.5	0.44
29 Ene	29	Ini	0.0	1.00	100	19	9.8	0.0	0.0	11.5	0.33
1 Feb	32	Ini	0.0	1.00	100	18	9.9	0.0	0.0	11.6	0.45
5 Feb	36	Ini	0.0	1.00	100	18	10.1	0.0	0.0	11.8	0.34
9 Feb	40	Ini	0.0	1.00	100	18	10.1	0.0	0.0	11.8	0.34
12 Feb	43	Ini	0.0	1.00	100	18	10.3	0.0	0.0	12.1	0.47
15 Feb	46	Ini	0.0	1.00	100	18	10.3	0.0	0.0	12.2	0.47
19 Feb	50	Ini	0.0	1.00	100	18	10.3	0.0	0.0	12.2	0.35
22 Feb	53	Ini	0.0	1.00	100	18	10.8	0.0	0.0	12.7	0.49
25 Feb	56	Ini	0.0	1.00	100	18	11.1	0.0	0.0	13.0	0.50
1 Mar	60	Ini	0.0	1.00	100	18	11.4	0.0	0.0	13.4	0.39
5 Mar	64	Des	0.0	1.00	100	19	12.0	0.0	0.0	14.2	0.41
9 Mar	68	Des	0.0	1.00	100	19	12.0	0.0	0.0	14.2	0.41
12 Mar	71	Des	0.0	1.00	100	20	12.7	0.0	0.0	14.9	0.58
15 Mar	74	Des	0.0	1.00	100	20	13.0	0.0	0.0	15.3	0.59
19 Mar	78	Des	0.0	1.00	100	19	13.0	0.0	0.0	15.3	0.44
22 Mar	81	Des	0.0	1.00	100	19	13.0	0.0	0.0	15.3	0.59
25 Mar	84	Des	0.0	1.00	100	19	13.0	0.0	0.0	15.3	0.59
29 Mar	88	Des	0.0	1.00	100	19	13.0	0.0	0.0	15.3	0.44
1 Abr	91	Des	0.0	1.00	100	18	13.0	0.0	0.0	15.3	0.59
5 Abr	95	Des	0.0	1.00	100	18	12.9	0.0	0.0	15.2	0.44
9 Abr	99	Des	0.0	1.00	100	18	12.9	0.0	0.0	15.2	0.44
12 Abr	102	Des	0.0	1.00	100	18	13.0	0.0	0.0	15.3	0.59
15 Abr	105	Des	0.0	1.00	100	17	13.0	0.0	0.0	15.3	0.59
19 Abr	109	Des	0.0	1.00	100	17	13.0	0.0	0.0	15.3	0.44
22 Abr	112	Des	0.0	1.00	100	17	12.8	0.0	0.0	15.0	0.58
25 Abr	115	Des	0.0	1.00	100	16	12.6	0.0	0.0	14.9	0.57
29 Abr	119	Des	0.0	1.00	100	16	12.6	0.0	0.0	14.9	0.43
2 May	122	Des	0.0	1.00	100	16	12.4	0.0	0.0	14.6	0.56
5 May	125	Des	0.0	1.00	100	15	12.3	0.0	0.0	14.4	0.56
10 May	130	Des	0.0	1.00	100	20	16.3	0.0	0.0	19.2	0.45
15 May	135	Des	0.0	1.00	100	17	14.5	0.0	0.0	17.0	0.39
20 May	140	Des	0.0	1.00	100	19	15.8	0.0	0.0	18.6	0.43
25 May	145	Des	0.0	1.00	100	17	14.5	0.0	0.0	17.0	0.39
30 May	150	Des	0.0	1.00	100	17	15.0	0.0	0.0	17.6	0.41
4 Jun	155	Med	0.0	1.00	100	16	14.1	0.0	0.0	16.6	0.39
9 Jun	160	Med	0.0	1.00	100	16	13.8	0.0	0.0	16.3	0.38
14 Jun	165	Med	0.0	1.00	100	16	14.5	0.0	0.0	17.0	0.39
19 Jun	170	Med	0.0	1.00	100	16	14.2	0.0	0.0	16.7	0.39
24 Jun	175	Med	0.0	1.00	100	17	14.6	0.0	0.0	17.2	0.40
29 Jun	180	Med	0.0	1.00	100	17	14.7	0.0	0.0	17.3	0.40
4 Jul	185	Med	0.0	1.00	100	17	14.9	0.0	0.0	17.5	0.41
9 Jul	190	Med	0.0	1.00	100	17	15.1	0.0	0.0	17.7	0.41
14 Jul	195	Med	0.0	1.00	100	18	15.5	0.0	0.0	18.2	0.42
19 Jul	200	Med	0.0	1.00	100	18	15.6	0.0	0.0	18.3	0.42
23 Jul	204	Med	1.6	1.00	100	15	13.2	0.0	0.0	15.5	0.45
27 Jul	208	Med	1.6	1.00	100	15	13.4	0.0	0.0	15.7	0.46
31 Jul	212	Med	0.0	1.00	100	17	14.9	0.0	0.0	17.6	0.51

4 Ago	216	Med	0.0	1.00	100	17	15.0	0.0	0.0	17.6	0.51
8 Ago	220	Med	0.0	1.00	100	17	15.0	0.0	0.0	17.6	0.51
12 Ago	224	Med	0.0	1.00	100	18	16.0	0.0	0.0	18.8	0.54
16 Ago	228	Med	0.0	1.00	100	19	16.4	0.0	0.0	19.2	0.56
20 Ago	232	Med	0.0	1.00	100	19	16.4	0.0	0.0	19.2	0.56
24 Ago	236	Med	0.0	1.00	100	19	16.8	0.0	0.0	19.7	0.57
28 Ago	240	Med	0.0	1.00	100	19	16.8	0.0	0.0	19.7	0.57
1 Sep	244	Med	0.0	1.00	100	19	17.0	0.0	0.0	20.0	0.58
5 Sep	248	Med	0.0	1.00	100	19	17.1	0.0	0.0	20.2	0.58
9 Sep	252	Med	0.0	1.00	100	19	17.1	0.0	0.0	20.2	0.58
12 Sep	255	Med	0.0	1.00	100	15	13.3	0.0	0.0	15.6	0.60
15 Sep	258	Med	0.0	1.00	100	15	13.4	0.0	0.0	15.8	0.61
19 Sep	262	Med	0.0	1.00	100	20	17.7	0.0	0.0	20.8	0.60
22 Sep	265	Med	0.0	1.00	100	15	13.4	0.0	0.0	15.8	0.61
25 Sep	268	Med	0.0	1.00	100	15	13.4	0.0	0.0	15.8	0.61
29 Sep	272	Fin	0.0	1.00	100	20	17.6	0.0	0.0	20.7	0.60
2 Oct	275	Fin	0.0	1.00	100	15	13.4	0.0	0.0	15.8	0.61
5 Oct	278	Fin	0.0	1.00	100	15	13.5	0.0	0.0	15.8	0.61
9 Oct	282	Fin	0.0	1.00	100	20	17.6	0.0	0.0	20.7	0.60
12 Oct	285	Fin	0.0	1.00	100	15	13.4	0.0	0.0	15.7	0.61
15 Oct	288	Fin	0.0	1.00	100	15	13.3	0.0	0.0	15.7	0.61
19 Oct	292	Fin	0.0	1.00	100	20	17.4	0.0	0.0	20.5	0.59
22 Oct	295	Fin	0.0	1.00	100	15	13.3	0.0	0.0	15.7	0.60
25 Oct	298	Fin	0.0	1.00	100	15	13.3	0.0	0.0	15.6	0.60
29 Oct	302	Fin	0.0	1.00	100	20	17.4	0.0	0.0	20.5	0.59
1 Nov	305	Fin	0.0	1.00	100	15	13.3	0.0	0.0	15.6	0.60
5 Nov	309	Fin	0.0	1.00	100	20	17.6	0.0	0.0	20.7	0.60
9 Nov	313	Fin	0.0	1.00	100	20	17.6	0.0	0.0	20.7	0.60
13 Nov	317	Fin	0.0	1.00	100	20	17.6	0.0	0.0	20.7	0.60
17 Nov	321	Fin	0.0	1.00	100	20	17.6	0.0	0.0	20.7	0.60
21 Nov	325	Fin	0.0	1.00	100	20	17.4	0.0	0.0	20.5	0.59
25 Nov	329	Fin	0.0	1.00	100	19	16.5	0.0	0.0	19.4	0.56
29 Nov	333	Fin	0.0	1.00	100	19	16.5	0.0	0.0	19.4	0.56
4 Dic	338	Fin	0.0	1.00	100	19	16.4	0.0	0.0	19.3	0.45
9 Dic	343	Fin	0.0	1.00	100	19	16.3	0.0	0.0	19.2	0.44
14 Dic	348	Fin	0.0	1.00	100	16	13.7	0.0	0.0	16.1	0.37
19 Dic	353	Fin	0.0	1.00	100	15	13.5	0.0	0.0	15.9	0.37
25 Dic	359	Fin	0.0	1.00	100	15	13.4	0.0	0.0	15.8	0.30
30 Dic	364	Fin	0.0	1.00	100	18	15.5	0.0	0.0	18.3	0.42
31 Dic	Fin	Fin	0.0	1.00	0	0					

Anexo 6. Programación de riego para el cultivo de cacao

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám. Neta	Déficit	Pérdida	Lam. Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
1 Ene	1	Ini	0.0	1.00	100	19	8.5	0.0	0.0	10.0	1.16
4 Ene	4	Ini	0.0	1.00	100	18	8.2	0.0	0.0	9.7	0.37
6 Ene	6	Ini	0.0	1.00	100	18	8.2	0.0	0.0	9.7	0.56
8 Ene	8	Ini	0.0	1.00	100	18	8.2	0.0	0.0	9.7	0.56
10 Ene	10	Ini	0.0	1.00	100	17	8.2	0.0	0.0	9.7	0.56
12 Ene	12	Ini	0.0	1.00	100	17	7.9	0.0	0.0	9.3	0.54
14 Ene	14	Ini	0.0	1.00	100	16	7.9	0.0	0.0	9.3	0.54
16 Ene	16	Ini	0.0	1.00	100	16	7.9	0.0	0.0	9.3	0.54
18 Ene	18	Ini	0.0	1.00	100	16	7.9	0.0	0.0	9.3	0.54
20 Ene	20	Ini	0.0	1.00	100	16	7.9	0.0	0.0	9.3	0.54
22 Ene	22	Ini	0.0	1.00	100	16	8.1	0.0	0.0	9.6	0.55
24 Ene	24	Ini	0.0	1.00	100	16	8.1	0.0	0.0	9.6	0.55
26 Ene	26	Ini	0.0	1.00	100	16	8.1	0.0	0.0	9.6	0.55
28 Ene	28	Ini	0.0	1.00	100	16	8.1	0.0	0.0	9.6	0.55
30 Ene	30	Ini	0.0	1.00	100	15	8.1	0.0	0.0	9.6	0.55
1 Feb	32	Ini	0.0	1.00	100	15	8.3	0.0	0.0	9.7	0.56
4 Feb	35	Ini	0.0	1.00	100	15	8.4	0.0	0.0	9.9	0.38
6 Feb	37	Ini	0.0	1.00	100	15	8.4	0.0	0.0	9.9	0.57
8 Feb	39	Ini	0.0	1.00	100	15	8.4	0.0	0.0	9.9	0.57
11 Feb	42	Ini	0.0	1.00	100	23	12.7	0.0	0.0	14.9	0.58
14 Feb	45	Ini	0.0	1.00	100	15	8.6	0.0	0.0	10.1	0.39
19 Feb	50	Ini	0.0	1.00	100	22	12.9	0.0	0.0	15.2	0.35
21 Feb	52	Ini	0.0	1.00	100	15	8.9	0.0	0.0	10.5	0.61
24 Feb	55	Ini	0.0	1.00	100	15	9.2	0.0	0.0	10.9	0.42
26 Feb	57	Ini	0.0	1.00	100	15	9.2	0.0	0.0	10.9	0.63
28 Feb	59	Ini	0.0	1.00	100	15	9.2	0.0	0.0	10.9	0.63
2 Mar	61	Des	0.0	1.00	100	16	10.0	0.0	0.0	11.7	0.68
4 Mar	63	Des	0.0	1.00	100	16	10.0	0.0	0.0	11.7	0.68
6 Mar	65	Des	0.0	1.00	100	16	10.0	0.0	0.0	11.7	0.68
8 Mar	67	Des	0.0	1.00	100	16	10.0	0.0	0.0	11.7	0.68
10 Mar	69	Des	0.0	1.00	100	16	10.0	0.0	0.0	11.7	0.68
12 Mar	71	Des	0.0	1.00	100	17	10.7	0.0	0.0	12.6	0.73
14 Mar	73	Des	0.0	1.00	100	16	10.7	0.0	0.0	12.6	0.73
16 Mar	75	Des	0.0	1.00	100	16	10.7	0.0	0.0	12.6	0.73
18 Mar	77	Des	0.0	1.00	100	16	10.7	0.0	0.0	12.6	0.73
20 Mar	79	Des	0.0	1.00	100	16	10.7	0.0	0.0	12.6	0.73
22 Mar	81	Des	0.0	1.00	100	16	10.6	0.0	0.0	12.5	0.72
24 Mar	83	Des	0.0	1.00	100	16	10.6	0.0	0.0	12.5	0.72
26 Mar	85	Des	0.0	1.00	100	15	10.6	0.0	0.0	12.5	0.72
28 Mar	87	Des	0.0	1.00	100	15	10.6	0.0	0.0	12.5	0.72
30 Mar	89	Des	0.0	1.00	100	15	10.6	0.0	0.0	12.5	0.72
2 Abr	92	Des	0.0	1.00	100	22	15.8	0.0	0.0	18.6	0.72
5 Abr	95	Des	0.0	1.00	100	22	15.7	0.0	0.0	18.5	0.71
9 Abr	99	Des	0.0	1.00	100	22	15.7	0.0	0.0	18.5	0.54
12 Abr	102	Des	0.0	1.00	100	21	15.7	0.0	0.0	18.5	0.71
15 Abr	105	Des	0.0	1.00	100	21	15.7	0.0	0.0	18.5	0.71
19 Abr	109	Des	0.0	1.00	100	21	15.7	0.0	0.0	18.5	0.53
22 Abr	112	Des	0.0	1.00	100	20	15.3	0.0	0.0	18.0	0.70
25 Abr	115	Des	0.0	1.00	100	19	15.1	0.0	0.0	17.8	0.69
29 Abr	119	Des	0.0	1.00	100	19	15.1	0.0	0.0	17.8	0.52
2 May	122	Des	0.0	1.00	100	19	14.8	0.0	0.0	17.4	0.67
5 May	125	Des	0.0	1.00	100	18	14.6	0.0	0.0	17.1	0.66
9 May	129	Des	0.0	1.00	100	18	14.6	0.0	0.0	17.1	0.50
12 May	132	Des	0.0	1.00	100	17	14.2	0.0	0.0	16.7	0.64
15 May	135	Des	0.0	1.00	100	17	14.0	0.0	0.0	16.5	0.64

19 May	139	Des	0.0	1.00	100	17	14.0	0.0	0.0	16.5	0.48
22 May	142	Des	0.0	1.00	100	16	13.4	0.0	0.0	15.8	0.61
25 May	145	Des	0.0	1.00	100	15	13.2	0.0	0.0	15.5	0.60
29 May	149	Des	0.0	1.00	100	15	13.3	0.0	0.0	15.6	0.45
2 Jun	153	Med	0.0	1.00	100	19	16.8	0.0	0.0	19.8	0.57
6 Jun	157	Med	0.0	1.00	100	18	16.1	0.0	0.0	18.9	0.55
10 Jun	161	Med	0.0	1.00	100	18	16.1	0.0	0.0	18.9	0.55
15 Jun	166	Med	0.0	1.00	100	19	16.8	0.0	0.0	19.8	0.46
20 Jun	171	Med	0.0	1.00	100	19	16.8	0.0	0.0	19.8	0.46
24 Jun	175	Med	0.0	1.00	100	16	13.6	0.0	0.0	16.1	0.46
28 Jun	179	Med	0.0	1.00	100	16	13.6	0.0	0.0	16.1	0.46
2 Jul	183	Med	0.0	1.00	100	18	15.8	0.0	0.0	18.5	0.54
6 Jul	187	Med	0.0	1.00	100	18	16.1	0.0	0.0	19.0	0.55
10 Jul	191	Med	0.0	1.00	100	18	16.1	0.0	0.0	19.0	0.55
14 Jul	195	Med	0.0	1.00	100	16	14.4	0.0	0.0	17.0	0.49
18 Jul	199	Med	0.0	1.00	100	16	14.4	0.0	0.0	17.0	0.49
22 Jul	203	Med	0.0	1.00	100	19	17.0	0.0	0.0	20.0	0.58
26 Jul	207	Med	0.0	1.00	100	20	17.5	0.0	0.0	20.5	0.59
30 Jul	211	Med	0.0	1.00	100	20	17.5	0.0	0.0	20.5	0.59
2 Ago	214	Med	0.0	1.00	100	15	13.5	0.0	0.0	15.9	0.61
5 Ago	217	Med	0.0	1.00	100	16	13.7	0.0	0.0	16.1	0.62
9 Ago	221	Med	0.0	1.00	100	20	17.6	0.0	0.0	20.7	0.60
12 Ago	224	Med	0.0	1.00	100	16	14.1	0.0	0.0	16.6	0.64
15 Ago	227	Med	0.0	1.00	100	16	14.3	0.0	0.0	16.9	0.65
18 Ago	230	Med	0.0	1.00	100	16	14.3	0.0	0.0	16.8	0.65
21 Ago	233	Med	0.0	1.00	100	16	14.5	0.0	0.0	17.0	0.66
24 Ago	236	Med	0.0	1.00	100	17	14.7	0.0	0.0	17.3	0.67
27 Ago	239	Med	0.1	1.00	100	17	14.7	0.0	0.0	17.3	0.67
30 Ago	242	Med	0.0	1.00	100	17	14.8	0.0	0.0	17.4	0.67
2 Sep	245	Med	0.0	1.00	100	17	15.1	0.0	0.0	17.7	0.68
5 Sep	248	Med	0.0	1.00	100	17	15.2	0.0	0.0	17.9	0.69
8 Sep	251	Med	0.0	1.00	100	17	15.0	0.0	0.0	17.6	0.68
11 Sep	254	Med	0.0	1.00	100	17	15.4	0.0	0.0	18.1	0.70
14 Sep	257	Med	0.0	1.00	100	18	15.4	0.0	0.0	18.2	0.70
17 Sep	260	Med	0.3	1.00	100	18	15.4	0.0	0.0	18.2	0.70
20 Sep	263	Med	0.0	1.00	100	18	15.7	0.0	0.0	18.4	0.71
23 Sep	266	Med	0.3	1.00	100	17	15.3	0.0	0.0	18.1	0.70
26 Sep	269	Med	0.0	1.00	100	18	15.6	0.0	0.0	18.4	0.71
29 Sep	272	Fin	0.0	1.00	100	18	15.6	0.0	0.0	18.4	0.71
2 Oct	275	Fin	0.0	1.00	100	18	15.7	0.0	0.0	18.4	0.71
5 Oct	278	Fin	0.0	1.00	100	18	15.7	0.0	0.0	18.4	0.71
8 Oct	281	Fin	0.0	1.00	100	17	15.3	0.0	0.0	18.1	0.70
11 Oct	284	Fin	0.0	1.00	100	18	15.6	0.0	0.0	18.4	0.71
14 Oct	287	Fin	0.0	1.00	100	17	15.2	0.0	0.0	17.9	0.69
17 Oct	290	Fin	0.4	1.00	100	17	15.2	0.0	0.0	17.9	0.69
20 Oct	293	Fin	0.0	1.00	100	18	15.5	0.0	0.0	18.3	0.71
23 Oct	296	Fin	0.3	1.00	100	17	15.2	0.0	0.0	17.9	0.69
26 Oct	299	Fin	0.0	1.00	100	18	15.5	0.0	0.0	18.2	0.70
29 Oct	302	Fin	0.0	1.00	100	18	15.5	0.0	0.0	18.2	0.70
1 Nov	305	Fin	0.0	1.00	100	18	15.5	0.0	0.0	18.2	0.70
4 Nov	308	Fin	0.0	1.00	100	17	15.4	0.0	0.0	18.1	0.70
7 Nov	311	Fin	0.0	1.00	100	17	15.4	0.0	0.0	18.1	0.70
10 Nov	314	Fin	0.0	1.00	100	18	15.4	0.0	0.0	18.1	0.70
13 Nov	317	Fin	0.0	1.00	100	17	15.3	0.0	0.0	18.0	0.70
16 Nov	320	Fin	0.0	1.00	100	17	15.3	0.0	0.0	18.0	0.70
19 Nov	323	Fin	0.0	1.00	100	17	15.3	0.0	0.0	18.0	0.70
22 Nov	326	Fin	0.0	1.00	100	17	15.1	0.0	0.0	17.7	0.68
25 Nov	329	Fin	0.0	1.00	100	17	14.9	0.0	0.0	17.5	0.68
28 Nov	332	Fin	0.0	1.00	100	16	14.3	0.0	0.0	16.9	0.65
1 Dic	335	Fin	0.0	1.00	100	17	14.8	0.0	0.0	17.4	0.67

5 Dic	339	Fin	0.0	1.00	100	17	14.9	0.0	0.0	17.5	0.51
9 Dic	343	Fin	0.0	1.00	100	17	14.9	0.0	0.0	17.5	0.51
12 Dic	346	Fin	0.0	1.00	100	16	14.2	0.0	0.0	16.7	0.64
15 Dic	349	Fin	0.0	1.00	100	16	14.1	0.0	0.0	16.5	0.64
19 Dic	353	Fin	0.0	1.00	100	16	14.1	0.0	0.0	16.5	0.48
22 Dic	356	Fin	0.0	1.00	100	16	13.7	0.0	0.0	16.1	0.62
25 Dic	359	Fin	0.0	1.00	100	15	13.6	0.0	0.0	15.9	0.62
29 Dic	363	Fin	0.0	1.00	100	15	13.6	0.0	0.0	15.9	0.46
31 Dic	Fin	Fin	0.0	1.00	0	5					