Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agrícola

ESTIMACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LOS CULTIVOS DEL SISTEMA DE RIEGO ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola

AUTOR:

Diego Alcivar Sánchez Alejandro

DIRECTOR:

Ing. Aníbal González González Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Educamos para Transformar

Certificación

Loja, 31 de agosto de 2022

Mg.Sc. Aníbal González González
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **ESTIMACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LOS CULTIVOS DEL SISTEMA DE RIEGO ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrícola** de la autoría del estudiante **Diego Alcivar Sánchez Alejandro**, con **cédula de identidad** Nro. **1150213484,** una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Mg. Sc. Aníbal Eduardo González González
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Diego Alcivar Sánchez Alejandro**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular o de Titulación, en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de identidad: 1150213484

Fecha: 03 de enero de 2023

Correo electrónico: diego.a.sanchez@unl.edu.ec

Teléfono celular: 0991156825

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Diego Alcivar Sanchez Alejandro**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **ESTIMACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LOS CULTIVOS DEL SISTEMA DE RIEGO ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA,** como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrícola**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RI, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los tres días del mes de enero del dos mil veintitrés.

Firma:

Autor: Diego Alcivar Sánchez Alejandro
Cédula: 1150213484
Dirección: Loja, sector Los Operadores – Manuel Belgrano y Agustín Aguirre Ruiz
Correo electrónico: diego.a.sanchez@unl.edu.ec
Teléfono celular: 0991156825

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Trabajo de titulación: Ing. Aníbal González González Mg. Sc.

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación se lo dedico en especial A Dios, a mis padres Alcibar Sánchez y Lorena Alejandro, a mis abuelitos, tíos y tías, por brindarme sus consejos y su apoyo incondicional cuando más los necesitaba, quienes han sembrado en mi ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que tengo y han hecho por mí.

A mi familia en general que siempre estuvo allí, dándome una palabra de aliento y fortaleza, a los amigos que encontré en la Universidad que siempre me brindaron de su ayuda cuando más necesité, y compartí momentos de alegría y de tristeza en el transcurso de los años en la vida académica y fuera de la Universidad.

Diego Alcivar Sánchez Alejandro

Agradecimiento

Primeramente, a Dios por darme la vida, y buena salud para mí y mis seres queridos, guiándome por el camino del bien según su palabra. A mis padres: Alcibar Sanchez y Lorena Alejandro, por su esfuerzo y sacrificio, el cual me ha permitido alcanzar una nueva meta académica, siendo el pilar fundamental de motivación.

A mis abuelitos: Federico Sanchez y Barbarita González, por estar siempre pendiente de mí, a pesar de la distancia, durante todo mi periodo académico.

A mis tías y primos por ayudarme en momentos de necesidad y angustia, siempre estuvieron para darme la mano en momentos difíciles.

A mis hermanos y sobrinos que me han brindado enseñanzas de vida y apoyo incondicional.

A Yadira por ser mi compañera de vida, ayudándome a superar los momentos tristes y alegres durante esta etapa de mi vida.

Al Ing. Aníbal González, tutor de mi trabajo de titulación que siempre estuvo ayudándome, dando su guía y apoyo durante todo el desarrollo del trabajo de investigación, y por compartir de sus enseñanzas y conocimiento.

A quienes conforma la Universidad Nacional de Loja y la Carrera de Ingeniería Agrícola, que me brindaron la educación oportuna para formarme como profesional y culminar mis estudios de tercer nivel.

Diego Alcivar Sánchez Alejandro

Índice de contenidos

Página

Portada ..... **i**

Certificación ..... **ii**

Autoría ..... **iii**

Carta de autorización ..... **iv**

Dedicatoria ..... **v**

Agradecimiento ..... **vi**

Índice de contenidos ..... **vii**

Índice de tablas xii

Índice de figuras xiii

Índice de anexos xiv

1. Título **1**

2. Resumen **2**

2.1. Abstract 3

3. Introducción **4**

4. Marco teórico **7**

4.1. Tecnificación del riego parcelario 7

4.1.2. Sistemas de Riego 7

4.1.2.1. Riego por superficie. 8

4.1.2.2. Riego por aspersión. 8

4.1.2.3. Riego por goteo. 8

4.2. Necesidades hídricas de los cultivos 9

4.2.1. Evapotranspiración 9

4.2.2. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) 9

4.2.2.1. Factores meteorológicos que determinan la ETo. 10

4.2.2.1.1. Radiación solar. 11

4.2.2.1.2. Temperatura del aire. 11

4.2.2.1.3. Humedad del aire. 11

4.2.2.1.4. Velocidad del viento. 12

4.2.3. El método de Penman – Monteith 12
4.2.4. El método de Blaney-Criddle 13
4.2.5. CHELSA climate - Datos climáticos 14
4.2.6. Coeficiente de cultivo (Kc) 14
4.2.7. Evapotranspiración del cultivo (ETc) 15
4.3. Precipitación efectiva 15
4.4. Patrón de cultivos 15
4.5. Requerimientos de riego de los cultivos 16
4.6. Programación de riego 16
4.6.1. Métodos de programación de riego 17
4.6.1.1. Medida del contenido de agua en el suelo. 17
4.6.1.1.1. Eficiencia de riego 18
4.6.1.1.2. Frecuencia de riego (Fr) 18
4.6.1.1.3. Tiempo de riego (Tr) 18
4.6.2. Factores prácticos de riego 18
4.6.2.1. Módulo de riego 19
4.6.2.2. La distribución de agua 19
4.7. Sistemas de información geográfica (SIG) 19
4.8. Gestión social de la Junta General de usuarios del Sistema de riego Zapotillo 20
5. Materiales y metodología 21
5.1. Descripción del sistema de riego Zapotillo 21
5.2. Ubicación del área de estudio 21
5.2.1. Obra de toma 23
5.2.2. Canal principal y redes de distribución 24
5.2.3. Geología 24
5.3. Materiales 25
5.3.1. Materiales de oficina 25
5.3.2. Materiales de campo 26
5.4. Metodología 26

5.4.1. Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) a través de métodos empíricos y semi – empíricos 26
5.4.1.1. Catastro del sistema de riego 26
5.4.1.2. Precipitación media mensual de la zona de riego 26
5.4.1.3. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) 27
5.4.2. Determinación de la evapotranspiración de cultivo (ETc) y los requerimientos de agua para un patrón de cultivos seleccionado de la zona 27
5.4.2.1. Coeficiente de cultivo (Kc) 27
5.4.2.2. Evapotranspiración del cultivo (ETc) 31
5.4.2.3. Precipitación efectiva 31
5.4.2.4. Requerimiento de riego 31
5.4.3. Elaboración de una propuesta preliminar de programación de riego, en base al patrón de cultivos proyectado. 32
5.4.3.1. Estudio de suelos con fines de riego 32
5.4.3.1.1. Clase agrológica II, subclase agrológica 2s 32
5.4.3.1.2. Clase agrológica III, subclase 3st 32
5.4.3.1.3. Clase agrológica IV 33
5.4.3.2. Factores prácticos utilizados en la programación de riego 35
5.4.3.2.1. Lámina neta. 35
5.4.3.2.2. Lámina bruta. 36
5.4.3.2.3. Frecuencia de riego. 36
5.4.3.2.4. Tiempo de riego. 36
6. Resultados 37
6.1. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) a través de métodos empíricos del sistema de riego Zapotillo. 37
6.1.1. Catastro del sistema de riego Zapotillo 37
6.1.2. Precipitación media de la zona de riego 40
6.1.3. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) 41
6.2. Evapotranspiración del cultivo (ETc) y requerimientos hídricos para el patrón de cultivos establecido. 45
6.2.1. Patrón de cultivos 45

6.2.2. Coeficiente de cultivo Kc 49
6.2.3. Evapotranspiración del cultivo (ETc) 49
6.2.4. Precipitación efectiva del sistema de riego Zapotillo 50
6.2.5. Requerimientos de riego 51
6.3. Propuesta de programación de riego en base al patrón de cultivo proyectado. 53
6.3.1. Patrón de cultivos 53
6.3.2. Coeficiente de cultivo (Kc) 56
6.3.3. Evapotranspiración de cultivo ETc 57
6.3.4. Necesidad de riego 58
6.3.5. Requerimientos de riego 58
6.3.6. Propuesta de programación 59
6.3.7. Módulos de riego 59
6.3.8. Turnos de riego 60
7. Discusión 66
7.1. Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) a través de métodos empíricos y semi - empíricos 66
7.1.1. Catastro del sistema de riego Zapotillo 66
7.1.2. Precipitación media de la zona de riego 66
7.1.3. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) 67
7.2. Determinación de la evapotranspiración de cultivo (ETc) y los requerimientos de agua para el patrón de cultivos seleccionado de la zona. 68
7.2.1. Patrón de cultivos 68
7.2.2. Coeficiente del cultivo Kc 69
7.2.3. Evapotranspiración del cultivo (ETc) 69
7.2.4. Requerimientos de riego 69
7.3. Elaboración de una propuesta preliminar de programación de riego, en base al patrón de cultivos proyectado 70
7.3.1. Selección del patrón de cultivos 71
7.3.2. Requerimientos de riego 71
7.3.3. Programación de riego 72

7.3.4. Turnos de riego 72
8. Conclusiones 73
9. Recomendaciones 74
10. Bibliografía 75
11. Anexos 82

Índice de tablas

Página

Tabla 1. Porcentajes diarios medio (p) de horas diurnas anuales a diferentes latitudes.....13
Tabla 2. Usuarios del sistema de riego Zapotillo 21
Tabla 3. Coeficiente de cultivo (Kc) del patrón de cultivo 28
Tabla 4. Estudio de suelos con fines de riego en el área de riego Zapotillo 34
Tabla 5. Uso actual del suelo.....37
Tabla 6. Distribución de unidad de producción agrícola por tamaño de superficie. 38
Tabla 7. Superficie irrigada por sectores.....38
Tabla 8. Precipitación media de la estación zapotillo 40
Tabla 9. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) 42
Tabla 10. Superficie cultivada.....45
Tabla 11. Coeficiente de cultivo Kc de los cultivos actualmente regados 49
Tabla 12. Evapotranspiración del cultivo (mm/mes) 49
Tabla 13. Precipitación efectiva 50
Tabla 14. Requerimientos de riego según el patrón de cultivos actual (mm/mes).....51
Tabla 15. Requerimiento de riego por sectores (dam^3/mes) 52
Tabla 16. Requerimiento de riego por sectores (l/s) 52
Tabla 17. Propuesta de cultivos para el sector 3 56
Tabla 18. Valores de kc para patrón de cultivo propuesto 56
Tabla 19. Evapotranspiración de cultivo (mm/mes) 57
Tabla 20. Necesidades de riego para los cultivos propuestos (mm/mes).....58
Tabla 21. Requerimientos de riego para la propuesta de cultivos.....59
Tabla 22. Determinación de láminas, frecuencias y tiempos del sector 3.....61
Tabla 23. Usuarios de los módulos del ZI-01 al ZI-05 del sector 3 63
Tabla 24. Turnos de riego de los módulos del ZI-01 al ZI-05 del sector 3 65

Índice de figuras

Página

Figura 1. Balance Energético 11
Figura 2. Ubicación del sistema de riego zapotillo 22
Figura 3. Obra de toma del sistema de riego Zapotillo 23
Figura 4. Canal principal del sistema de riego Zapotillo 24
Figura 5. Curva Kc del cultivo. 28
Figura 6. Mapa base del sistema de riego Zapotillo 39
Figura 7. Histograma de la precipitación media de la estación Zapotillo 41
Figura 8. Representación gráfica de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) 43
Figura 9. Relación entre precipitación y evapotranspiración 43
Figura 10. Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia para la zona de riego 44
Figura 11. Patrón de cultivos actual del Sistema de Riego Zapotillo 46
Figura 12. Patrón de cultivos de los sectores 1,2 y 5 (situación actual) 47
Figura 13. Patrón de cultivos de los sectores 3 y 4 (situación actual) 48
Figura 14. Patrón de cultivos (proyectado) 54
Figura 15. Mapa de Patrón de cultivos propuesto 55
Figura 16. Módulos de riego (sector 3) 64

Índice de anexos

Página

Anexo 1. Curvas del coeficiente de cultivo (Kc) 82
Anexo 2. Necesidades hídricas de los cultivos m3/mes (Sector 1) 88
Anexo 3. Necesidades hídricas de los cultivos m3/mes (Sector 2) 89
Anexo 4. Necesidades hídricas de los cultivos m3/mes (Sector 3) 90
Anexo 5. Necesidades hídricas de los cultivos m3/mes (Sector 4) 91
Anexo 6. Necesidades hídricas de los cultivos m3/mes (Sector 5) 92
Anexo 7. Criterio de riego para los módulos del sector 3 93
Anexo 8. Turnos del sector 3 del sistema de riego Zapotillo 95
Anexo 9. Lamina neta para las series de suelos del sistema de riego Zapotillo 104
Anexo 10. Lamina bruta por el método de riego gravedad para las series de suelos del sistema de riego Zapotillo 105
Anexo 11. Lamina bruta por el método de riego aspersión para las series de suelos del sistema de riego Zapotillo 106
Anexo 12. Lamina bruta por el método de riego goteo para las series de suelos del sistema de riego Zapotillo 107
Anexo 13. Frecuencias de riego para las series de suelos del sistema de riego Zapotillo 108
Anexo 14. Tiempo de riego para las series de suelos del sistema de riego Zapotillo 109
Anexo 15. Registro fotográfico 110
Anexo 16. Certificación de traducción del Abstract 111

1. Título

ESTIMACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LOS CULTIVOS DEL SISTEMA DE RIEGO ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA

2. Resumen

Para garantizar el desarrollo de las plantas y obtener óptimos rendimientos de los cultivos, tanto en cantidad como calidad, se deben considerar aspectos como: el tipo de suelo, riqueza de los sustratos, manejo de plagas y enfermedades, entre otros, además el conocimiento de las necesidades o requerimientos hídricos de los cultivos. Los beneficios de controlar los requerimientos hídricos ayudan a reducir el impacto ambiental por el desperdicio de agua en los sistemas de riego y tener una mayor uniformidad en el crecimiento de la plantación, de igual manera, se puede realizar un diseño adecuado de la obra sin sobredimensionarla, y repercuta en la inversión de una comunidad o institución a cargo de un proyecto de riego. La investigación se llevó acabo en el sistema de riego Zapotillo, ubicado en el cantón y parroquia Zapotillo al suroccidente de la provincia de Loja, en la cuenca hidrográfica Catamayo-Chira, donde se analizó las necesidades hídricas según un patrón de cultivos, con el fin de establecer cuál es el volumen y caudal necesario para la superficie actualmente regada identificadas en el catastro. La evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) se obtuvo a partir de los datos climáticos de la página CHELSA, calculada por el método de Penman-Monteith para una serie estadística de 24 años, así mismo, se calculó por el método de Blaney-Criddle con datos de temperatura y radiación solar. Por otro lado, se obtuvo el índice Kc de los cultivos para cada fase fenológica utilizando el libro de la FAO 56; y posteriormente, la determinación de la ETc para cada cultivo a partir del Kc encontrado y la precipitación efectiva del área regada, obteniendo así, las demandas hídricas del sistema. Se realizó un caso práctico de programación de riego para el sector 3, considerando el mes de máxima demanda hídrica para determinar el caudal continuo por hectárea. Finalmente, con las propiedades físicas de los suelos se realizó el calendario agrícola para cada propietario según el tiempo y frecuencia de riego. Como resultado de la investigación el volumen de agua que necesita el sistema de acuerdo a los cultivos identificados es de 75,02 hm^3 para 3 561,60 ha en un año agrícola, con una eficiencia de aplicación del 50 %. Teniendo como conclusión que el método de gravedad es el más representativo de la zona.

Palabras clave: evapotranspiración, sistema de riego, eficiencia de aplicación, caudal característico.

2.1. Abstract

To guarantee the development of the plants and obtain optimal crop yields, both in quantity and quality, aspects such as: the type of soil, richness of the substrates, pest and disease management, among others, must be considered, as well as knowledge of the needs or water requirements of the crops. The benefits of controlling water requirements help to reduce the environmental impact due to the waste of water in irrigation systems and have a greater uniformity in the growth of the plantation, in the same way, an adequate design of the work can be carried out without oversizing it, and affects the investment of a community or institution in charge of an irrigation project. The research was carried out in the Zapotillo irrigation system, located in Zapotillo canton and parish in the southwest of Loja province, in the Catamayo-Chira hydrographic basin, where water needs were analyzed according to a crop pattern, in order to establish what is the volume and flow necessary for the currently irrigated surface identified in the cadastre. The evapotranspiration of the reference crop (ETo) was obtained from the climatic data of the CHELSA page, calculated by the Penman-Monteith method for a statistical series of 24 years, likewise, it was calculated by the Blaney-Criddle method. with temperature and solar radiation data. On the other hand, the Kc index of the crops for each phenological phase was obtained using the FAO 56 book; and later, the determination of the ETc for each crop from the Kc found and the effective precipitation of the irrigated area, thus obtaining the water demands of the system. A practical case of irrigation programming for sector 3 was developed, considering the month of maximum water demand to determine the continuous flow per hectare. Finally, with the physical properties of the soils, the agricultural calendar was made for each owner according to the time and frequency of irrigation. As a result of the investigation, the volume of water needed by the system according to the identified crops is 75.02 hm3 for 3,561.60 ha in an agricultural year, with an application efficiency of 50%. Having as a conclusion that the gravity method is the most representative of the area.

Key words: evapotranspiration, irrigation system, application efficiency, characteristic flow rate.

3. Introducción

El agua es un requerimiento vital para el desarrollo de los seres vivos, que permite los procesos fundamentales para la conservación de la vida en el planeta, en especial la humanidad para la producción de los alimentos (Annan, 2015). Este rubro representa el mayor consumo de agua dulce en el mundo, ocupando más de las dos terceras partes del 1 % de agua aprovechable, del total de 1 386 millones de kilómetros cúbicos de agua en el planeta (Villalobos, 2017). Desde la antigüedad las comunidades se han desarrollado cerca de la disposición de agua, garantizando su bienestar; el crecimiento poblacional aumenta la demanda de los alimentos agrícolas, por ende, se incrementan las áreas de producción, y de esta manera, ha aumentado el consumo de los recursos naturales, en específico, el agua se convierte en un bien cada vez más demandado y escaso, lo que conlleva a prestar la importancia de conocer los requerimientos de agua que realmente consumen los cultivos, logrando así proteger el agua del desperdicio y la contaminación (González. et al., 2015).

Según Gaybor (2018) en el Ecuador, una de las principales limitaciones en el análisis del problema de riego es que no se cuenta con información precisa sobre las características y estado de los riegos individuales y de sistemas de riego. Priorizando que se debe de contar con información suficiente de las áreas de riego que permitirá conocer con precisión variables importantes para la toma de decisiones, como lo son el caudal disponible, la superficie regable, la efectivamente regada, el número de beneficiarios, entre otros.

De acuerdo con la Secretaria del Agua [SENAGUA] (2019), menciona que el Ecuador cuenta con una alta disponibilidad de recursos hídricos, de la cual la oferta hídrica superficial representa un volumen significativo de 361 747 hm^3, que se distribuyen en: Amazonía 65,9 %, Costa 17,6 %, Sierra 16,5 %. Mientras que la demanda hídrica relaciona las actividades en dos categorías: riego para la producción agropecuaria de exportación y espacios verdes, y el riego que garantiza la soberanía alimentaria. Existe registro en el año 2010 que la demanda de riego en el Ecuador es de 13 045 hm^3 y en una proyección al año 2025 el volumen llega a 16 796 hm^3, es decir que aumenta un 22,4 % en 15 años.

En el cantón Zapotillo las redes hídricas que abastecen la zona, están conformadas por dos cuencas, de las cuáles la más representativa es la cuenca del río Catamayo que ocupa el 60,37 % del área total del cantón, de la cual se capta el agua para el sistema de riego Zapotillo en el sector Vicin, y la segunda cuenca es la del río Puyango con el 39,63 % restante. Según Cuenca (2015), el

caudal del río Catamayo hasta la estación hidrométrica en el sector Vicin, está definido por su variación estacional, lo que determina con una probabilidad del 95 % un caudal máximo de 28,85 m^3/s en el mes de abril, y un mínimo de 7,5 m^3/s en el mes de octubre. Sin embargo, dichos caudales pueden estar en riesgo al disminuir, debido a problemas en las unidades hidrográficas abastecedoras de agua en diferentes proyectos, como por ejemplo: la deforestación en la cuenca o escasa concientización ambiental etc., (CISPDR, 2016).

El sistema de riego Zapotillo ha sido implementado para cubrir gran parte de superficie de cultivos de secano, tratando de colocar así, al cantón como potencia productiva, para lo cual, el caudal adjudicado por la SENAGUA (2013), según el permiso de Autorización del Agua y Otorgamiento de Personería Jurídica es de 7,89 m^3/s. El funcionamiento del sistema de riego Zapotillo actualmente tiene un área de riego alrededor de 3 561,60 ha de las 7 887 ha proyectadas, es decir, que se está regando el 45,16 % de la superficie total. De esta manera, conforme los dueños de las fincas conecten el agua para regar sus terrenos, se llegará a incrementar las áreas de cultivo, por lo tanto, cada vez surge la necesidad imperiosa de conocer con más aproximación las cantidades necesarias de agua de los cultivos para su dotación. Esto sumado a factores como el calentamiento global o la contaminación y pérdida de fuentes naturales invitan a pensar en la generación de modelos de gestión que garantizan por un lado el uso y aprovechamiento de este recurso, y por el otro, garantizar el manejo y sostenibilidad de las fuentes generadoras y receptoras de agua (SENAGUA, 2019).

El presente proyecto, se centra en el análisis de la demanda del recurso hídrico en el sistema de riego Zapotillo, con la perspectiva de obtener información que contribuya al uso efectivo del agua para fines de riego, donde existe el mayor potencial para aumentar la productividad de alimentos en la zona, permitirá generar el hábito de agricultura sostenible y rentable con una producción eficiente y de altos rendimientos, para lo cual se plantea los siguientes objetivos.

Objetivo general

- Contribuir al adecuado uso del agua y al mejoramiento de la producción agrícola a través de la determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos del sistema de riego Zapotillo.

Objetivos específicos

- Estimar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) a través de métodos empíricos y semi - empíricos.

- Determinar la evapotranspiración de cultivo (ETc) y los requerimientos de agua para un patrón de cultivos seleccionado de la zona.
- Elaborar una propuesta preliminar de programación de riego, en base al patrón de cultivos proyectado.

4. Marco teórico

En esta sección se hace una revisión de literatura para acaparar los conceptos en los cuales se fundamente este trabajo de investigación.

4.1. Tecnificación del riego parcelario

Tecnificar el riego para una unidad de superficie consiste en conocer los factores que intervienen en el lugar como: cultivo, suelo, clima y agua. Por lo tanto, se aplica el mejor método o eficiencia de riego, dotando con la demanda de agua requerida por el cultivo según la oferta hídrica del lugar, además se establece el tiempo y frecuencia según las propiedades del suelo, obteniendo como resultado el aprovechamiento del recurso hídrico sin desperdicios, excelente producción y abaratamiento de costos (Carrazón, 2007). Sin embargo, la tecnificación de riego parcelario no trata solo de mejorar la infraestructura o evitar el riego por gravedad o inundación, es un proceso de construcción social, donde los protagonistas son los beneficiarios del riego, es decir los usuarios y organizaciones de agricultores que usan el agua para el riego (Rendón, 2013).

De acuerdo con Tayupanda (2009), considera al riego tecnificado como una de las prácticas que más aportan al desarrollo de la agricultura y proporciona ventajas que se enumeran a continuación:

1. Mayor efectividad de riego
2. Reducción de la perdida y contaminación de agua en el riego
3. Baja tasa de erosión o salinización
4. Mejoramiento de la producción.

También menciona que la ventaja de ahorrar el agua usando la tecnificación es de 40 % a 60 %, lo que permite que llegue suficiente agua a las plantas durante su período de producción en zonas donde el agua de lluvia es insuficiente.

4.1.2. Sistemas de Riego

Los sistemas de riego son estructuras que permiten captar, transportar el agua para riego a una área determinada, considerando cubrir las necesidades según los requerimientos hídricos de las parcelas agrícolas (Apollin y Eberhart, 1998) citado por (Pupiales, 2019). Con el objetivo de aplicar el agua de forma pertinente, permite mantener el suelo en condiciones viables para los cultivos en su etapa de desarrollo (Salinas, 2018). Los sistemas de riego están compuestos por los siguientes elementos:

- Sistema normativo y los derechos del agua

- La geografía de la red de riego
- Los sistemas de producción y las estrategias familiares de producción
- Organización de regantes

Por otro lado, existen diferentes tipos de métodos o técnicas de riego que mejor se adaptan, ya sea por el tipo cultivo, topografía del terreno o características del suelo (Guerra, 2009). A continuación, se presentan los siguientes métodos:

4.1.2.1. Riego por superficie.

Este método logra llevar el agua de un sitio hasta llegar a la parcela desplazándose directamente por el suelo gracias a la fuerza gravitacional y de una inclinación del terreno, también requiere de bajos costos de inversión comparado con otros, sin embargo, es el menos eficiente debido a muchas pérdidas de agua por infiltración (Ciancaglini, 2015). La eficiencia puede mejorar dando el manejo apropiado según las distintas formas de riego por superficie: surcos, melgas o tendido, sin desmerecer el método que mayor tiempo se ha utilizado en la agricultura y por el contrario se aplica el uso técnico con el fin de proteger el agua (Demin, 2014).

4.1.2.2. Riego por aspersión.

Este riego simula la lluvia y llega a las plantas de forma localizada con el objetivo que el agua se infiltre donde ha caído logrando una eficiencia mayor al riego por superficie, pero también existe inconveniente en pérdida del recurso hídrico por el viento y la evaporación. Para lograr la operación correcta de este método se debe proporcionar energía para que el agua circule por las tuberías con una presión determinada (Fernández, 2010). Sin embargo, si el agua se encuentra a una altura considerable almacenada en un reservorio, no hace falta suministrar energía debido al desnivel que permite el movimiento del agua por las tuberías y llegar con la suficiente presión para hacer funcionar los emisores, pero si existe el caso contrario se debe implementar energía que permita vencer el desnivel y llegue a la parcela para regar los cultivos (Roa, 2019).

4.1.2.3. Riego por goteo.

En este sistema de riego el agua llega por tuberías o cintas que suministran el líquido en forma de gotas, es altamente utilizado en zonas áridas por la poca disponibilidad del recurso hídrico, y logra una eficiencia excelente, mayor a la de los métodos antes mencionados debido a que no existen muchos desperdicios, humedeciendo el volumen del suelo donde se encuentran las raíces, suficiente para el desarrollo del cultivo (Liotta, 2015). También se puede mejorar el uso al automatizar el sistema de riego e implementar el fertirriego realizando dos tareas en un solo riego,

sin embargo las desventajas de este método son los altos costos de implementación comparado a otros, pero como resultado buenas cosechas gracias a una tecnificación del riego parcelario (Maldonado, 2015).

4.2. Necesidades hídricas de los cultivos

Las necesidades hídricas del cultivo se refieren a la cantidad de agua que necesita ser proporcionada al cultivo como riego o precipitación, debido a salida del recurso hídrico por evaporación y transpiración del cultivo (FAO, 2006).

Conocer las necesidades hídricas de los cultivos es de suma importancia para los productores, se puede lograr una equitativa distribución del recurso hídrico para riego en función de las áreas cultivadas y el caudal concesionado en sistemas de riego (Andrango et al., 2019).

4.2.1. Evapotranspiración

En una cuenca, la principal oferta de agua es debido a las precipitaciones de la zona y como demanda se presentan las pérdidas por evapotranspiración, percolación profunda y escorrentía. Las tasas de la evapotranspiración están controladas por diferentes factores climáticos, tales como el tipo de cobertura vegetal y las propiedades físico química del suelo del sitio. La evapotranspiración es la unión del proceso de evaporación desde la superficie del suelo, así como del agua que es interceptada por la vegetación, y por el proceso de transpiración de las plantas a través de los estomas. Al obtener esta información de pérdidas permite conocer cuáles son las necesidades hídricas de los cultivos, selección del mejor método de riego y también el diseño para una programación de riego (Jaramillo, 2007).

4.2.2. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)

Sobre la base de Sánchez y Romero (2005), el concepto de evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) se origina en los años setenta, para reemplazar al término evapotranspiración potencial (ETP). Se denomina (ETo) a la evapotranspiración del cultivo de referencia de una superficie sin limitación de agua, donde la superficie está cubierta por un cultivo hipotético de pasto con características específicas, para determinar el poder evapotranspirante que tiene la atmósfera, sin tomar en cuenta el tipo y desarrollo del cultivo, y de las prácticas de manejo. Los únicos factores que interviene y afectan son los parámetros climáticos (FAO, 2006).

Para el cálculo de la ETo existen métodos directos e indirectos, los métodos directos son costosos, al igual que se necesita de personal especializado. Según Campus FCA-UNC (2020), se encuentran los siguientes métodos directos para la medición de la evapotranspiración:

1. Evapotranspirómetro
2. Microlisímetros
3. Lisímetros de drenaje
4. Lisímetros de pesada

Si embargo, estos métodos siguen siendo utilizados para corroborar lo calculado con los métodos indirectos (FAO, 2006), citado por (Maldonado, 2017). Entre los principales métodos indirectos para el cálculo de la evapotranspiración, según Luna (2017) se encuentran:

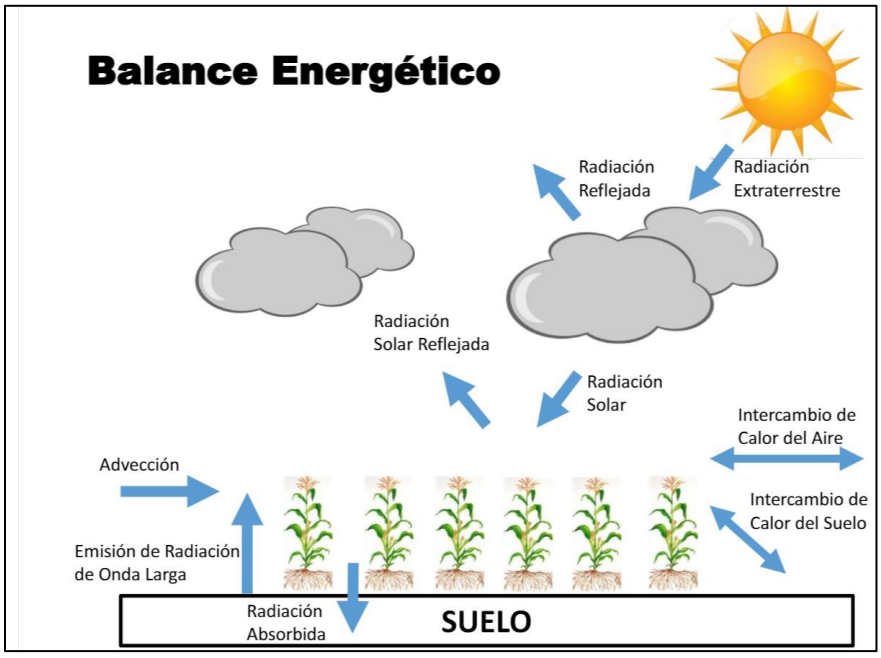
- El tanque evaporímetro de Clase A.
- Los métodos que utilizan sólo datos de temperatura, como "Thornthwaite" y "Blaney-Criddle".
- Métodos que tienen en cuenta además de la temperatura, la insolación, como el de "Makkink";
- Métodos que tienen en cuenta la temperatura, insolación, humedad del aire y el viento "Penman Monteith",
- El método de Hargreaves considera la temperatura y la radiación solar.
- El método de Blaney-Criddle, modificado por la FAO.

4.2.2.1. Factores meteorológicos que determinan la ETo.

Se conoce que el intercambio de líquido vital a vapor necesita energía para realizar este proceso, por lo que los componentes del tiempo son los que intervienen para vaporizar el agua que se encuentra en la superficie de las plantas y del suelo. En la Figura 1, se observa cómo llega la radiación solar a la superficie de la tierra, interviniendo en los procesos energéticos. Los principales parámetros meteorológicos que se deben considerar según la (FAO, 2006) se presentan a continuación.

Figura 1.

Balance Energético



Fuente: FAO (1997), Requerimientos de agua para riego.

4.2.2.1.1. Radiación solar.

La radiación solar es la fuente de energía más importante en el planeta e interviene directamente en el proceso de la ETo, esta determina la cantidad de energía disponible para evaporar el agua. La radiación puede variar durante las distintas épocas del año y localización, esto se debe al movimiento de nuestro planeta alrededor del sol.

4.2.2.1.2. Temperatura del aire.

La radiación solar absorbida por la atmósfera y el valor emitido por la tierra elevan la temperatura del aire. El calor sensible del aire circundante transfiere energía al cultivo y entonces ejerce un cierto control en la tasa de evapotranspiración. Esto tiene una relación directamente proporcional, cuando la temperatura se eleva, existe mayor evapotranspiración y cuando la temperatura disminuye, la evapotranspiración baja.

4.2.2.1.3. Humedad del aire.

Mientras que el aporte de energía del sol y del aire circundante es la fuerza impulsora principal para la evaporación del agua, la diferencia entre la presión de vapor de agua en la superficie evapotranspirante y el aire circundante es el factor determinante para la remoción de vapor. También se menciona que en regiones áridas secas y calientes, provocará mayor

evapotranspiración debido que la atmósfera contiene menos humedad en el aire, por lo que consume grandes cantidades de agua. Por otro lado, en regiones húmedas tropicales, la humedad en el aire es elevado resultando la disminución de evapotranspiración.

4.2.2.1.4. Velocidad del viento.

El viento cumple con el objetivo de remover el vapor, los cuales transfieren grandes cantidades de aire hacia la superficie evaporante, al igual que en otros parámetros si se encuentra más vapor de agua en la superficie hará que la tasa de evapotranspiración sea menor, y necesitaría de un aire menos saturado para que exista mayor evapotranspiración.

4.2.3. El método de Penman – Monteith

Conforme con Guevara (2006), El método de Penman – Monteith es el procedimiento que permite el cálculo de la (ETo) de la forma más precisa, el mismo que es muy importante en las actividades agrícola y el manejo de recursos hídricos. El método o fórmula ha tenido un gran impacto de innovación en las investigaciones sobre balance energético, requerimiento de agua, programas de irrigación, etc., descartando otras formulaciones que también calculan la evapotranspiración. Los elementos meteorológicos considerados para el cálculo son: radiación solar neta, temperatura del aire, humedad atmosférica, velocidad del viento y datos de la estación como: altitud, longitud y elevación.

Los resultados han sido comparadas con las mediciones lisimétricas, concluyendo que la fórmula estima la evapotranspiración con menos error, sin embargo, existe la limitación de disponer toda la información requerida, sobre todo en lugares donde las estaciones no están funcionales o no existen (Sánchez y Carvacho, 2017), citado por (Panamito, 2022).

Según Luna (2017), la ecuación de la FAO Penman-Monteith es una representación clara, precisa y simple de los factores físicos y fisiológicos que gobiernan el proceso de la evapotranspiración, y se expresa de la siguiente manera:

$$ET_o = \frac{0{,}408\,\Delta\,(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273}\,u_2\,(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0{,}34\,u_2)}$$

Dónde:

ETo = evapotranspiración de referencia (mm/día)

Rn = radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m²/ día)

Ra = radiación extraterrestre (mm/día)

G = flujo del calor de suelo (MJ m²/día)

T = temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u2 = velocidad del viento a 2 m de altura (m/s)

es = presión de vapor de saturación (kPa)

ea = presión real de vapor (kPa)

es = ea = déficit de presión de vapor (kPa)

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor (kPa/°C)

Y = constante psicrométrica (kPa/ °C)

4.2.4. El método de Blaney-Criddle

Según (Sánchez, 1999), este es el método más simple para evaluar la evapotranspiración de una zona en particular, ya que su modelo solo depende de la temperatura promedio de la zona y del porcentaje de horas diurnas anuales, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$ETo = p(0{,}46 * T + 8{,}13)$$

Donde:

ETo = evapotranspiración de referencia (mm/día)

p = porcentaje medio diario de horas diurnas anuales (%)

T = Temperatura media diaria para el periodo definido (°C)

Para la determinación de esta ecuación se recomienda que el período de medición no sea menor a un mes, para asegurar representatividad en los datos, ya que estos sufren grandes variaciones a lo largo del año, sobre todo el valor de *p*. En la Tabla 1, se presentan los valores más comunes de *p*.

Tabla 1.

Porcentajes diarios medio (p) de horas diurnas anuales a diferentes latitudes

LATITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NORTE SUR	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
60	0,15	0,20	0,26	0,32	0,38	0,41	0,40	0,34	0,28	0,22	0,17	0,13
58	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,40	0,39	0,34	0,28	0,23	0,18	0,15
56	0,17	0,21	0,26	0,32	0,36	0,39	0,38	0,33	0,28	0,23	0,18	0,16
54	0,18	0,22	0,26	0,31	0,36	0,38	0,37	0,33	0,28	0,23	0,19	0,17
52	0,19	0,22	0,27	0,31	0,35	0,37	0,36	0,33	0,28	0,24	0,20	0,17
50	0,19	0,23	0,27	0,31	0,34	0,36	0,35	0,32	0,28	0,24	0,20	0,18
48	0,20	0,23	0,27	0,31	0,34	0,36	0,35	0,32	0,28	0,24	0,21	0,19
46	0,20	0,23	0,27	0,30	0,34	0,35	0,34	0,32	0,28	0,24	0,21	0,20

44	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,35	0,34	0,31	0,28	0,25	0,22	0,20
42	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
40	0,22	0,25	0,27	0,30	0,32	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
35	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,32	0,30	0,28	0,25	0,23	0,22
30	0,24	0,26	0,27	0,29	0,31	0,32	0,31	0,30	0,28	0,26	0,24	0,23
25	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,31	0,29	0,28	0,26	0,25	0,24
20	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,30	0,29	0,28	0,26	0,25	0,25
15	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,25
10	0,26	0,26	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26
6	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
5	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
0	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

Fuente: (Panta) Notas de Relación Agua Suelo Planta U.N Pedro Ruiz Gallo – Fac. Ing. Agrícola**.**

4.2.5. CHELSA climate - Datos climáticos

CHELSA (Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas) es un conjunto de datos climáticos globales reducidos de muy alta resolución (30 segundos de arco, ~ 1 km) actualmente alojado por el Instituto Federal Suizo para la Investigación de Bosques, Nieve y Paisajes WSL. Está diseñado para proporcionar acceso gratuito a datos climáticos de alta resolución para investigación y aplicación, y se actualiza y perfecciona constantemente. Incluye capas climáticas para varios períodos de tiempo y variables, que van desde el Último Máximo Glacial, hasta el presente, para varios escenarios futuros. CHELSA se basa en una reducción de escala estadística mecánica de los datos de reanálisis global o la salida del modelo de circulación global y está disponible gratuitamente (CHELSA - CLIMATE, s. f.).

4.2.6. Coeficiente de cultivo (Kc)

Según González et al. (2010), el Kc es básicamente la división entre la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo). La transpiración de las plantas y la evaporación del suelo representan este coeficiente, ya que une las diferencias que existe entre estos dos procesos. El coeficiente de desarrollo de los cultivos depende principalmente de sus etapas fenológicas y las características propias del cultivo, por lo tanto, son exclusivos los valores de Kc para cada cultivo y variando en pequeñas proporciones en función del clima, y a lo largo del tiempo, (Fernández et al., 2010).

Los valores de Kc varían conforme el crecimiento del cultivo, alcanzado valores altos en su etapa media, se lo representa en una curva que conforma los valores de Kc: inicial, mediados y final de temporada o ciclo del cultivo.

4.2.7. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Torres (2014), menciona que la evapotranspiración de los cultivos ocurre cuando el suelo no tiene restricciones de agua y depende del estado del cultivo, incluyendo sus características, ritmo de crecimiento de las plantas (período de vegetación) y condiciones climáticas de temperatura, viento y humedad relativa. Para explicar el impacto de las características del cultivo en la demanda de agua, se han desarrollado los coeficientes de cultivo Kc, los cuales relacionan la evapotranspiración de referencia ETo con la evapotranspiración de cultivo ETc y representan la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas, que produzca rendimientos óptimos.

4.3. Precipitación efectiva

Del total de agua precipitada no pueden ser aprovechado por el cultivo, debido a que se pierde por la evapotranspiración, la infiltración y el escurrimiento superficial. El resto, que se almacena en la rizosfera y está disponible para el cultivo, se denomina precipitación efectiva (Dastane, 1978). En otras palabras, el término "precipitación efectiva" se utiliza para definir la fracción de precipitación que está realmente disponible para satisfacer al menos una parte de las necesidades de agua de la planta (Villazón et al., 2021).

4.4. Patrón de cultivos

Murillo (2020) señala que los patrones de cultivo en un área están determinados por varios parámetros climáticos y de suelo, que establecen el ambiente agroecológico general para la adaptación de los cultivos o un conjunto de cultivos. Sin embargo, la productividad potencial del suelo y los beneficios socioeconómicos son factores clave para determinar un patrón particular de cultivo.

El patrón de cultivo obedece a un concepto dinámico que cambia con el tiempo y el espacio, como una secuencia durante un año agrícola y un ordenamiento espacial de siembra y barbecho en un área determinada. El patrón de cultivo dependen de la precipitación, el clima, la temperatura, el tipo de suelo y la tecnología de la infraestructura de riego (Anwar, 2019), citado por (Murillo, 2020).

FAO (1997), define los siguientes tipos de patrones de cultivos:

- **Patrón simple:**

En este sistema, solo un cultivo se cultiva en tierras agrícolas año tras año, reduce la fertilidad del suelo y destruye la estructura del suelo. Este patrón de cultivo incluye: patrón simple de cultivos anuales de ciclo corto y ciclo largo, y patrón simple de cultivos perennes.

- **Patrón múltiple:**

En este sistema, dos o más cultivos se cultivan simultáneamente en tierras de cultivo en un año calendario. Esta práctica aumenta el rendimiento del cultivo, minimiza la infestación de plagas y también minimiza el riesgo de una mala cosecha.

- **Patrón secuencial:**

Desarrollar dos o más cultivos seguidos en el mismo campo cada año. El cultivo siguiente se planta después de que se haya cosechado el cultivo anterior. No hay competencia entre las plantas, ya que la fortificación de las plantas ocurre solo con el tiempo y se maneja solamente un cultivo sobre el mismo campo.

- **Patrón entre cultivos:**

Desarrollar dos o más cultivos en el mismo campo al mismo tiempo. El fortalecimiento de los cultivos ocurre espacial y temporalmente, hay competencia entre los cultivos durante todo o parte del ciclo de desarrollo y se maneja más de un cultivo a la vez sobre el mismo campo.

4.5. Requerimientos de riego de los cultivos

Sobre estudios de Ojeda et al. (2008), mencionan que la disponibilidad de agua de riego es una limitación importante para garantizar la producción agrícola comercial en zonas áridas y semiáridas. A medida que crece la población, se intensifica la competencia por el agua, la conservación y eficiencia del agua a través de mejores métodos y herramientas tanto para la distribución, aplicación, evaluación y conocimiento de las necesidades de riego de las plantas.

Los requerimientos de riego calculados para un período determinado representan la diferencia entre la evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar (ETc) y la precipitación efectiva para ese período. Los requerimientos de riego indican el porcentaje de los requerimientos hídricos de un cultivo que debe cubrirse con riego para asegurar condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas (Jiménez, 2016).

4.6. Programación de riego

La programación de riego es un conjunto de procedimientos técnicos desplegados para predecir cuanto y cuando regar. Consiste en establecer la frecuencia y el tiempo de riego en función de las condiciones edafoclimáticas del lugar (SEPOR, 2002), citado por (Valenzuela, 2018)

Para programar el riego es importante estimar, tanto el consumo de agua de los cultivos o su evapotranspiración, como la cantidad de agua que puede almacenar el suelo a la profundidad radicular de la planta, y reponer sólo y cuando esta sea necesaria. Por tanto, la programación del

riego es un proceso que permite determinar el momento adecuado para el riego y la cantidad de agua aplicada a los cultivos con el fin de optimizar el uso del agua y mejorar las producciones (Ortega y Acevedo, 1999).

4.6.1. Métodos de programación de riego

El proceso de programación de riego resulta una tarea tediosa ya que involucra varios factores que varían espacial y temporalmente (Ojeda et al., 2008). Los métodos de programación del riego según SEPOR (2002) citado por Valenzuela (2018), se basan en:

- Medida del contenido de agua en el suelo.
- Medida del estado hídrico de la planta.
- Medida de parámetros climáticos.

4.6.1.1. Medida del contenido de agua en el suelo.

De acuerdo con Ojeda et al. (2008), el suelo es un material poroso, como una esponja, capaz de retener agua, cada suelo tiene constantes hidrofísicas que lo caracterizan y es necesario conocer antes de programar el riego de un cultivo, entre las constantes de humedad más importantes se encuentran las siguientes:

- **Contenido de humedad a capacidad de campo**

Expresa el estado del suelo cuando este se satura y deja que el agua drene libremente hasta alcanzar su capacidad máxima de retención, permitiendo que el agua esté disponible por la planta. Cualquier cantidad de agua adicional a la capacidad de campo es fácilmente drenada por efecto de la fuerza gravitacional.

- **Contenido de humedad a punto de marchitamiento permanente**

Expresa el estado con la mínima humedad permisible que el suelo puede alcanzar, sin tener un efecto detrimento irreversible para la planta, y además la planta no puede extraer el agua.

- **Humedad aprovechable**

Expresa la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente y es expresada en porcentaje volumétrico.

- **Humedad fácilmente aprovechable**

Parte de la humedad aprovechable (HA) que puede ser absorbida por las plantas sin causar problemas de estrés hídrico. Los requerimientos se reducen cuando el contenido de humedad se acerca al punto de marchitez permanente.

- **Punto de Saturación**

Es la proporción de un líquido en los espacios vacíos de un suelo, es decir cuando el volumen del agua es igual al volumen total de los poros del suelo. Esto puede producir el pudrimiento de las raíces en la planta, además que la planta solo toma el agua necesaria.

4.6.1.1.1. Eficiencia de riego

La eficiencia del riego es un concepto utilizado en el proyecto y gestión de los sistemas de riego. La calidad del riego se evalúa a partir de indicadores de desempeño como la eficiencia y la uniformidad, y a través de indicadores de productividad del agua relacionados con el rendimiento y el valor económico de la producción por área de agua aplicada o consumida. Así, durante la operación del sistema de riego, para obtener altos valores de eficiencia, el valor de uniformidad de aplicación y distribución debe ser alto y la pérdida debe ser baja (Flórez et al., 2013).

4.6.1.1.2. Frecuencia de riego (Fr)

El cuándo regar o frecuencia de riego se refiere al lapso de días entre riego y riego. El lapso depende fundamentalmente de la capacidad de almacenamiento del suelo (capacidad del estanque) y de la tasa de evapotranspiración del cultivo. Así, suelos arenosos almacenan poca agua debiendo regarse frecuentemente, en cambio, suelos arcillosos retienen una mayor cantidad de agua y el lapso entre riegos es mayor (Miranda, 1982).

4.6.1.1.3. Tiempo de riego (Tr)

Según Miranda (1982), el cuánto aplicar se relaciona con el tiempo de riego o el número de horas en que el agua debe escurrir sobre el suelo para que infiltre y moje la zona de las raíces de las plantas. Para establecer un Programa de Riegos es necesario conocer:

- Evapotranspiración o cantidad de agua usada por el cultivo.
- Humedad aprovechable en la zona de raíces.
- Infiltración del agua en el suelo.

4.6.2. Factores prácticos de riego

Según Luna (2017), menciona que las condiciones prácticas de riego, que deben cumplir con los factores naturales son:

- El espaciamiento de los riegos
- El caudal que prácticamente hay que emplear para el riego de cada parcela
- La superficie de las parcelas que reciben sucesivamente el riego o superficie de la unidad parcelaria

- La duración de cada una de las parcelas

4.6.2.1. Módulo de riego

Un módulo de riego es una subdivisión de un distrito de riego y es el resultado de la transferencia o entrega parcial del control a una empresa de riego (Palerm, 2020). Por otro lado, el módulo de riego es considera al caudal de agua que dispone el agricultor, que se vierte durante un período razonable sobre una parcela de dimensiones tales que reciba durante ese tiempo justamente la cantidad de agua que se necesita, o sea la dosis de riego (Luna, 2017).

4.6.2.2. La distribución de agua

Consiste en manejar aspectos que respondan a las siguientes preguntas: ¿Cómo se distribuye el agua? ¿Cuándo se distribuye? y ¿Cuánto se distribuye? Al dar respuesta de estos cuestionamientos se puede organizar correctamente la distribución de agua, dando una dosis correcta durante un momento pertinente a las zonas de riego (Corrales, 2020). Debido a los diferentes tipos de suelos que se presentan en los terrenos, y así mismo, los cultivos, se convierten en un problema cuando se desea realizar una distribución. Existente diferentes métodos para el riego de parcelas o terrenos por medio de canales de distribución:

- Demanda programada o demanda controlada a pedido.
- Distribución por rotación, turno o tandeo.
- Distribución continua.
- Demanda libre o demanda ha pedido libre.

4.7. Sistemas de información geográfica (SIG)

Según López et al. (1998), el término SIG, ahora muy utilizado tanto en geografía como en otras ciencias, tiene sus razones técnicas, especialmente en relación con la planificación territorial y la solución de problemas socioeconómicos y ambientales. En realidad, hay tantas definiciones como expertos en SIG. La definición propuesta por el Centro de Análisis de Información Geográfica de los Estados Unidos NCGIA (1990) es útil y factible. "Un SIG es un sistema de información compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación". Por otro lado, cualquier ciencia que se ocupa del espacio, especialmente la geografía, analiza el territorio a través de diferentes capas temáticas (territorio y usos, ciudades autónomas, redes hidrográficas, sistemas de hábitat, infraestructura, carreteras, ferrocarriles, distribución. de equipos y servicios). Eso significa detectar y utilizar, por

separado o en conjunto, diferentes capas de información provenientes de la misma área. Así, el investigador puede analizar cada una de estas clases temáticas de acuerdo a sus objetivos de investigación. En este sentido, la gran ventaja de los SIG es que pueden enlazar diferentes capas entre sí, lo que dota a estos sistemas de capacidades analíticas espectaculares, capaces de cubrir necesidades complejas y así, generar mapas derivados que pueden representar situaciones reales o escenarios hipotéticos o simulados útiles (CEBRIAN, 1998), citado por (López et al., 1998)

4.8. Gestión social de la Junta General de usuarios del Sistema de riego Zapotillo

La Junta General de usuarios del Sistema de Riego Zapotillo, (JGUSRZ) es una organización comunitaria, sin fines de lucro, con patrimonio propio, autonomía y personería jurídica emitida por la secretaria del Agua, con capacidad legal para ejercer su derecho y contraer obligaciones. Esta Organización regida por la Constitución de la República, Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua y su Reglamento, por este Estatuto y su Reglamento interno y demás disposiciones legales que sean aplicables.

La Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Zapotillo, establece una propuesta productiva para el pedido actual 2019-2021, basada en criterios de sostenibilidad y eficiencia concordantes con la política pública del organismo rector agropecuario en cuanto a la pertinencia de los cultivos y de la metodología de riego, en relación al uso de los caudales a ellos asignados por hectáreas, al sector en el cual se desea implantar la propuesta. Adicionalmente la propuesta deberá ser concordante con las políticas de la Autoridad competente, con eficiencia en el uso del recurso hídrico y de sostenibilidad de la gestión de la infraestructura.

De acuerdo con la actualización del estatuto de la junta general de usuarios del sistema de riego Zapotillo, la estructura orgánica de la junta de riego está conformada por:

a) Asamblea General: conformada por todos los usuarios registrados debidamente.
b) Directorio: se conforma de presidente, vicepresidente, tesorero y secretario.
c) Juntas Sectoriales: se conforma de vocales para las 17 juntas.

La misión de la junta de riego es brindar servicio de riego bajo criterios de eficiencia, honestidad, pasión, sustentabilidad social y ambiental en la distribución de agua con enfoque técnico, para servir los intereses y valores de los usuarios, comprometiéndolos día a día con nuestros agricultores y sus sueños, posibilitando su desarrollo y diversificación productiva (Junta de riego Zapotillo, 2020).

5. Materiales y metodología

En este punto se manejó los métodos según los objetivos establecidos para llegar a estimar los requerimientos hídricos y la propuesta de programación de riego para el sistema de riego Zapotillo.

5.1. Descripción del sistema de riego Zapotillo

El sistema de riego Zapotillo posee instalación de infraestructura hidráulica necesaria para irrigar a 7 887 hectáreas, se encuentra dividido en cinco sectores, conformado por 17 juntas sectoriales dando beneficio a 1 252 usuarios. El canal principal se diseñó para para conducir 8,2 m^3/s desde la captación en el sector Vicin, donde se inicia la repartición de caudales hacia los canales de distribución 1C, 2C, 3IC, Y 3DC, como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2.

Usuarios del sistema de riego Zapotillo

JUNTA SECTORIAL	USUARIOS	SECTORES	CANAL
Junta 1	70	Sector 5	Principal
Junta 2	33	Sector 1	1 C
Junta 3	79	Sector 1	1 C
Junta 4	109	Sector 1	1 C
Junta 5	65	Sector 1	1 C
Junta 6	77	Sector 1	1 C
Junta 7	115	Sector 2	2 C
Junta 8	55	Sector 2	2 C
Junta 9	107	Sector 2	2 C
Junta 10	116	Sector 2	2 C
Junta 11	70	Sector 3	3 IC
Junta 12	40	Sector 4	3 DC
Junta 13	62	Sector 4	3 DC
Junta 14	146	Sector 4	3 DC
Junta 15	43	Sector 4	3 DC
Junta 16	54	Sector 4	3 DC
Junta 17	11	Sector 4	3 DC
TOTAL	**1252**		

5.2. Ubicación del área de estudio.

El sistema de riego Zapotillo, localizado en el cantón Zapotillo provincia de Loja. El cantón se encuentra a una distancia de 250 km, al sur occidental de la capital provincial de Loja, a una altitud de 225 m.s.n.m. Políticamente el Sistema de riego Zapotillo limita, al norte con los sectores: la Chorrera, Hacienda Limones, Corregidor, Zapallal y Garza Real; al Sur con los Barrios:

Añasitos, Zapotes, Pampa Blanca y Chambarango; al Este con los sitios: Las Lajas y Saucillo; y, al Oeste con la Parroquia Limones.

Zona de riego

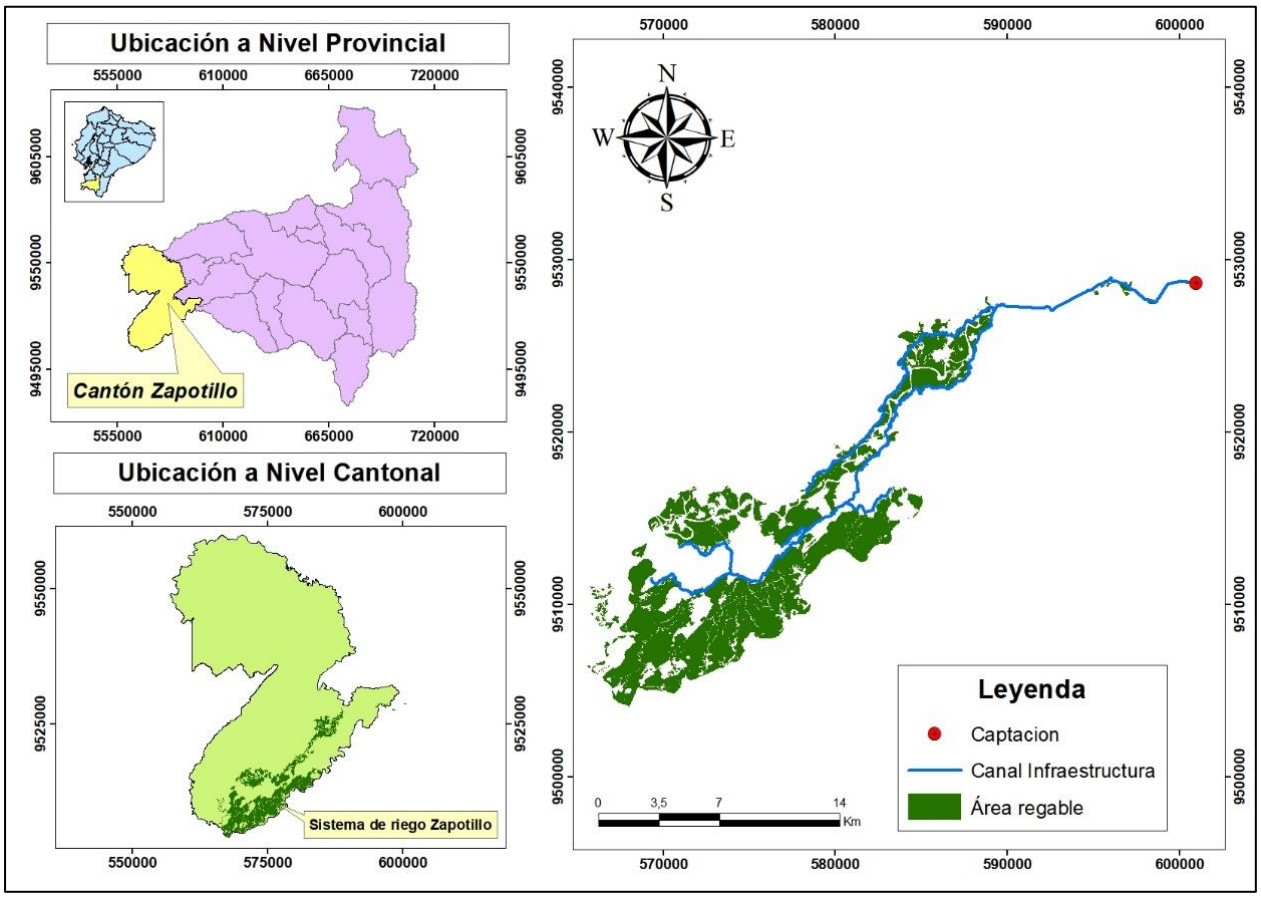
El área del sistema de riego Zapotillo cubre una superficie total de 12 135 ha de las cuales 9 090 ha son consideradas productivas y 7 887 ha constituyen la superficie neta de riego, se sitúa en las parroquias Zapotillo, Garza Real y Limones del cantón Zapotillo, suroeste de la provincia de Loja, como muestra la Figura 2. Se encuentra ubicado geográficamente en las siguientes coordenadas planas.

Coordenada Norte: 9 528 752 m – 9 504 041 m

Coordenada Este: 600 733 m – 565 568 m

Figura 2.

Ubicación del sistema de riego zapotillo



5.2.1. Obra de toma

La captación del Sistema de Riego Zapotillo, se encuentra localizado, en el sector de Vicin parroquia Sabanilla del cantón Celica, en la cuenca hidrográfica del río Catamayo - Chira, de la cual se captan las aguas en las siguientes coordenadas planas:

Coordenada Norte: 9 528 647 m

Coordenada Este: 600 952 m

Las ubicaciones geográficas se encuentran en la proyección UTM WGS 84 correspondiente a la zona 17 Sur.

La captación del sistema de riego Zapotillo comprende la siguiente infraestructura:

- Toma de derivación directa tipo convencional.
- Azud de derivación tipo cimacio, el hormigón utilizado es de 350 kg/cm^2
- Rejilla.
- Desripiador.
- Desarenador de doble cámara.
- Aliviadero
- Compuertas de metal para la limpieza y lavado del azud, estas compuertas son accionadas mecánicamente con un motor eléctrico.
- Compuertas: regulación, control y limpieza ubicadas en el desripiador y el desarenador.

Figura 3.

Obra de toma del sistema de riego Zapotillo

5.2.2. Canal principal y redes de distribución

La conducción principal es un canal abierto tipo trapezoidal de hormigón de 350 kg/cm^2, y está en buenas condiciones. Comprende el trasvase de las aguas desde el río Catamayo sector Vicin, sitio en donde se encuentra ubicada la Captación hasta la zona regadío en un trayecto de 14,01 km, mismo que termina en el partidor de caudales de Saucillo. Este partidor distribuye el agua para el canal 1-C que riega la margen izquierda el río Alamor y el canal 2-C que riega la margen derecha del rio Alamor (Gobierno Provincial de Loja, 2020).

Características hidráulicas del canal principal

El canal está diseñado para transportar un caudal continuo de 8,2 m^3/s, su base inferior (b) es de 2,22 m, el espejo de agua (T) es de 3,80 m, y calado (y) de 2,65 m.

Q = 8,2 m^3/s

b = 2,22 m

y = 2,65 m

T = 3,80 m

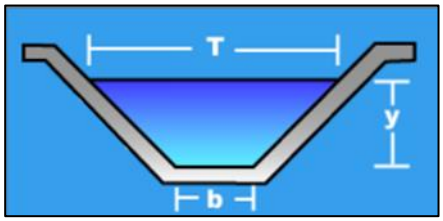


Figura 4.

Canal principal del sistema de riego Zapotillo

El sistema también posee algunas otras obras como: alcantarillas, aliviaderos, puentes peatonales y vehiculares, salidas de agua, tomas directas, etc.

5.2.3. Geología

El área de estudio se encuentra con material litológico de la Formación Zapotillo del Cretácico Superior y depósitos aluviales del Cuaternario.

Formación de zapotillo. - Rocas pertenecientes a esta formación cubren la mayor parte del área regada, registrándose importantes afloramientos a lo largo de la carretera Saucillo-Zapotillo. Luego se une al río Chira a lo largo del río Alamor. Esta formación contiene la secuencia Flish y está compuesta de lutita negra, grauvacas y conglomerado. Comúnmente se forma una capa estratificada de 0,5 m a 3 m. La grauvaca es de color gris a gris amarillento y la lutita se puede presentar uniforme pero fracturada y también interestrificada con las areniscas La base de la formación está atravesada por roca volcánica de la Formación Célica, estimada en más de 2000 m de espesor.

Depósitos aluviales. - Se ubica en los valles de los ríos Alamor y Chira, formando pequeñas terrazas utilizadas para el desarrollo de cultivos agrícolas. Estos depósitos están constituidos por cantos rodados y bloques subangulares subredondeados de granitos moscovíticos, lavas andesíticas, brechas, areniscas, grauvacas, gravas y arenas gruesas: en una matriz areno-limosa con presencia de material micáceo (Gobierno Provincial de Loja, 2020).

5.3. Materiales

5.3.1. Materiales de oficina

- Hardware (Computador)
- Software utilizados (SIG, CROPWAT 8.0, WGET, Microsoft Word, Excel y Power Point).
- Anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología “INAMHI”, de la estación meteorológica Zapotillo.
- Mapas de uso y cobertura vegetal y de textura del suelo, del área de estudio.
- Archivos tipo TIF de la evapotranspiración del cultivo de referencia de la página web (CHELSA - CLIMATE) desde el año 1995 al 2019.
- Cartas del Instituto Geográfico Militar (IGM) de Zapotillo a escala 1:50 000.
- Delimitación de las parroquias del Ecuador en formato Shp, disponible en el geo portal del Sistema Nacional de Información (SNI).
- Mapa Catastral del área de influencia del sistema de riego, facilitado por el Junta de Riego Zapotillo.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Zapotillo, (Periodo 2019-2023).
- Ortofoto del cantón Zapotillo (SIG tierras).

- Suministros de oficina

5.3.2. Materiales de campo

- GPS Navegador (sistemas de posicionamiento global).
- Cámara fotográfica.
- Flexómetro
- Libreta de apuntes
- Grabadora de audio

5.4. Metodología

En este punto se estableció los métodos aplicados según la literatura citada para orientar de la mejor manera la presente investigación y cumplir con los objetivos planteados.

5.4.1. Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) a través de métodos empíricos y semi – empíricos

5.4.1.1. Catastro del sistema de riego

De acuerdo con la información brindada del catastro de la zona de estudio por la junta de regantes del sistema, se logró localizar las áreas de influencia.

Se utilizó el software SIG, carta topográfica, ortofotos, y una geo referencia para delimitación, logrando la corroboración de la información obtenida.

De igual manera se realizó la tabulación de los usuarios, cultivos, y áreas cultivadas, con el catastro de usuarios según los predios.

5.4.1.2. Precipitación media mensual de la zona de riego

Esta información se obtuvo de los anuarios meteorológicos generados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología “INAMHI”, de la estación meteorológica Zapotillo.

Los datos de precipitación fueron tomados directamente de los anuarios en la sección precipitación en milímetros y la suma mensual, posteriormente se tabuló y se obtuvo la estadística de precipitación media mensual como: total, media, máximo, mínimo, desviación estándar y coeficiente de variación. Es importante mencionar que no se hizo un análisis espacial, debido que no se contaba con datos de precipitación de las estaciones que rodean el área del sistema de riego, para lo tanto, no se podía utilizar la herramienta de interpolación en el software ArcMap 10.5, y se asumió los valores de la estación de Zapotillo para el cálculo de los requerimientos hídricos de los cultivos de la zona.

5.4.1.3. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)

Se obtuvo esta información visitando la página CHELSA – CLIMATE que logra recopilar la información de evapotranspiración de referencia calculada por el método de Penman – Moteinth en alta resolución espacial. Los datos corresponden a la evapotranspiración mensual a partir del año 1995 al 2019, es por ello, se utilizó el programa WGET para la descarga automática, dado al gran tamaño de los archivos tipo TIF correspondientes a la evapotranspiración global. Aplicando los SIG se realizó el recorte de los archivos a la zona de estudio, para ello se disminuyó el tamaño de los pixeles con la finalidad de ocupar todas las áreas del sistema de riego Zapotillo y finalmente se promedió los mapas de cada mes para la cantidad de años de la información recolectada.

De igual manera, se aplicó el método de Blaney-Criddle tabulando los datos de temperatura mínima y máxima desde el año 1982 a 2015 de los anuarios meteorológicos de la estación de Zapotillo, para obtener los datos mensuales de temperatura media. También se obtuvo los porcentajes diario medio de horas diurnas anuales que se muestran en la Tabla 1, para aplicar la formula descrita en el marco teórico. Una vez obtenido la ETo por los dos métodos se realizó un promedio y se obtuvo la ETo para la zona de estudio.

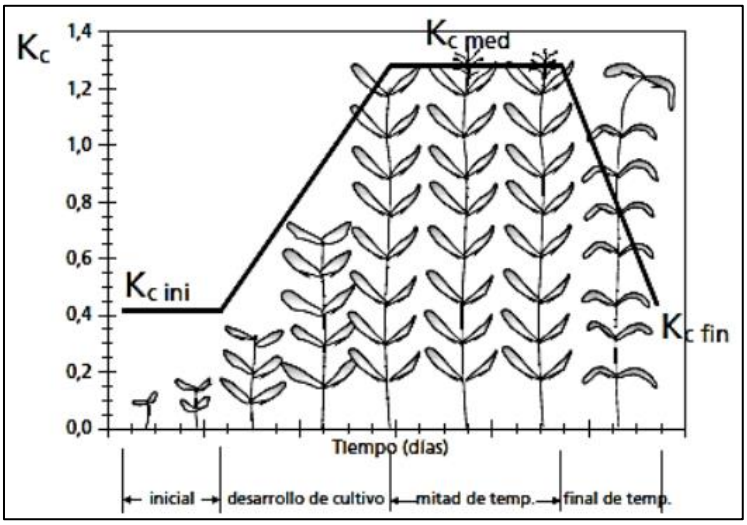
5.4.2. Determinación de la evapotranspiración de cultivo (ETc) y los requerimientos de agua para un patrón de cultivos seleccionado de la zona

5.4.2.1. Coeficiente de cultivo (Kc)

Para la determinación del coeficiente de cultivo (Kc) para cada cultivo, se obtuvo en base al estudio FAO (2006) riego y drenaje número 56, que proporciona valores de Kc para los cultivos en las etapas de crecimiento: inicial, mediados y final. Para calcular el promedio mensual, se obtuvo elaborado una gráfica con la curva de Kc, compuesta por la escala de tiempo en el eje de las abscisas, y en el eje de las ordenadas los valores de Kc como se observa en la Figura 5.

Figura 5.

Curva Kc del cultivo.



Fuente: FAO (2006). Estudio FAO riego y drenaje N°56. Evapotranspiración del Cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.

Una vez obtenida la gráfica, en el software Excel se elaboró una línea suavizada que representa la curva real de Kc durante el ciclo del cultivo, y en intervalos de 15 días se generó los valores representativos de Kc para cada mes. En la Tabla 3, se detalla la duración del ciclo de los cultivos con los valores Kc para cada uno de ellos.

Tabla 3.

Coeficiente de cultivo (Kc) del patrón de cultivo

Cultivo	Etapa de crecimiento	Duración (días)	Kc
Aguacate	Inicial	60	0,60
	Desarrollo	90	---
	Mediados	120	0,85
	Final	95	0,75
Arroz	Inicial	30	1,05
	Desarrollo	30	---
	Mediados	60	1,2
	Final	30	0,6
Camote	Inicial	15	0,5
	Desarrollo	30	---
	Mediados	50	1,15
	Final	30	0,65
Cebolla	Inicial	15	0,7
	Desarrollo	25	---

	Mediados	70	1
	Final	40	1
Cítricos	Inicial	60	0,7
	Desarrollo	90	---
	Mediados	120	0,65
	Final	95	0,7
Coco	Inicial	60	0,8
	Desarrollo	90	---
	Mediados	120	0,8
	Final	95	0,8
Frejol	Inicial	20	0,4
	Desarrollo	30	---
	Mediados	40	1,15
	Final	10	0,35
Frutales	Inicial	60	0,61
	Desarrollo	90	---
	Mediados	120	0,61
	Final	95	0,61
Guanábana	Inicial	60	0,61
	Desarrollo	90	---
	Mediados	120	0,61
	Final	95	0,61
Huerto	Inicial	60	0,75
	Desarrollo	90	---
	Mediados	120	0,8
	Final	95	0,7
Maíz	Inicial	20	0,7
	Desarrollo	35	---
	Mediados	40	1,2
	Final	30	0,35
Mango	Inicial	60	0,61
	Desarrollo	90	---
	Mediados	120	0,61
	Final	95	0,61
Maní	Inicial	25	0,4
	Desarrollo	35	---
	Mediados	45	1,15
	Final	25	0,6
Maracuyá	Inicial	30	0,5
	Desarrollo	30	---
	Mediados	245	0,75
	Final	60	0,5
Melón	Inicial	24	0,5
	Desarrollo	24	---
	Mediados	28	0,85

	Final	14	0,6
Moringa	Inicial	60	0,61
	Desarrollo	90	---
	Mediados	120	0,61
	Final	95	0,61
Papaya	Inicial	60	0,15
	Desarrollo	90	---
	Mediados	120	1
	Final	95	0,6
Pastos	Inicial	3	0,5
	Desarrollo	15	---
	Mediados	12	1,15
	Final	7	1,1
Plantas aromáticas	Inicial	10	0,6
	Desarrollo	25	---
	Mediados	30	1,15
	Final	20	1
Plátano; Banano	Inicial	120	1
	Desarrollo	60	---
	Mediados	180	1,2
	Final	5	1,1
Sandia	Inicial	10	0,4
	Desarrollo	20	---
	Mediados	20	1
	Final	30	0,75
Soya	Inicial	15	0,50
	Desarrollo	15	---
	Mediados	40	1,15
	Final	15	0,5
Tamarindo	Inicial	60	0,60
	Desarrollo	90	---
	Mediados	120	0,60
	Final	95	0,60
Tomate	Inicial	30	0,6
	Desarrollo	40	---
	Mediados	45	1,2
	Final	30	0,9
Uva	Inicial	20	0,3
	Desarrollo	40	---
	Mediados	120	0,85
	Final	185	0,45

Fuente: FAO (2006). Estudio FAO riego y drenaje N°56. Evapotranspiración del Cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.

5.4.2.2. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Se estimó el resultado de la evapotranspiración del cultivo por el producto del coeficiente de cultivo (Kc) y la evapotranspiración de referencia (ETo) según la FAO (2006), se aplicó la siguiente ecuación:

$$ETc = ETo * Kc$$

Dónde:

ETc = Evapotranspiración de los cultivos (mm/mes)

ETo = Evapotranspiración de referencia (mm/mes)

Kc = coeficiente de cultivo, (adimensional)

5.4.2.3. Precipitación efectiva

Con los datos recopilados de la precipitación media mensual de la zona de estudio se aplicó la ecuación de USDA (United States Department of Agriculture), y se determinó los valores para cada mes de la precipitación efectiva. Esta ecuación es integrada en el software Cropwat 8.0 que se presenta a continuación:

Precipitaciones mensuales menores o iguales a 250 mm

$$Pefec = P_{mensual} * \frac{125 - 0.2 * P_{tot}}{125}$$

Precipitaciones mensuales mayores a 250 mm

$$Pefect = 125 + 0.1 * P_{mensual}$$

Dónde:

Pmensual = Precipitación totol de cada mes (mm)

Pefec = Precipitación efectiva (mm)

5.4.2.4. Requerimiento de riego

Para obtener los requerimientos de riego se aplicó la siguiente ecuación:

$$NRn = ETc - Pefec$$

Dónde:

NRn = Necesidad de riego neta (mm)

ETc = Evapotranspiración de cultivo (mm)

Pefec = Precipitación efectiva (mm)

Por último, considerando que 1 mm de lluvia equivale a 10 m^3/ha, se calculó la cantidad mensual de agua utilizada para regar los cultivo. A continuación, se seleccionó del patrón de cultivo, el mes de mayor demanda de agua, se obtuvo el caudal continuo por hectárea y el caudal característico considerando la eficiencia del método de riego. Al multiplicar este caudal por las hectáreas del sistema de riego, se obtuvo el caudal más exigente para cada método de riego (Luna, 2017).

5.4.3. Elaboración de una propuesta preliminar de programación de riego, en base al patrón de cultivos proyectado.

Para este objetivo se lo realizó considerando el estudio de suelo realizado por INPROCONSULT Cía. Ltda. (1996), donde se toma en cuenta la clasificación agroecológica y, el estudio realizado por Equipo consultor (Gobierno Provincial de Loja, 2020). Se determinó los cultivos aptos y se seleccionó el método de riego que mejor responde a los suelos. La programación se la realizó para el sector 3 del sistema de riego, como ejemplo de aplicación en el resto de los sectores.

5.4.3.1. Estudio de suelos con fines de riego

Se caracterizan los suelos del área del sistema de riego Zapotillo en tres clases agrológicas, 13 subclases agrológicas, 25 series de suelos y 35 unidades fisiográficas con fines de riego, como se detalla en la Tabla 4.

5.4.3.1.1. Clase agrológica II, subclase agrológica 2s

Esta clase agrológica tienen 5 unidades fisiográficas con limitaciones de suelo, con pendientes que varían de 0 a 4 %, la profundidad del suelo varia de 19 cm a 127 cm, cubre un área total de 1 171,22 ha, en 5 series de suelos denominadas Limones, Alamor, Chira, Mancora y Valle Hermoso, mismas que se ubican en la zona 1C margen izquierda del rio Alamor, zona 2C margen derecha del rio Alamor, zona 3IC ramal 3IC y Zona 3DC ramal 3DC de la margen derecha del Río Catamayo. La aptitud agrícola de estos suelos es para maíz, maní, frejol, zarandaja, sandía, melón, tomate, cebolla, cocotero, cultivos de huerta (camote, yuca) y pastos.

5.4.3.1.2. Clase agrológica III, subclase 3st

La clase agrológica III, tienen 10 unidades fisiográficas con deficiencias de suelo y topografía, con pendientes que varían de 4 a 8 %, la profundidad del suelo varia de 19 cm a 112 cm, cubre un área total de 2 022,15 ha, comprende en 9 series de suelos denominadas Tamarindo, Garzaguachana, Corregidor, Pitayo, La Ceiba, Chambarango, Achiote, Huasimo y Jiménez, se

ubican en la zona 1C margen izquierda del rio Alamor, zona 2C margen derecha del rio Alamor, zona 3IC ramal 3IC y Zona 3DC ramal 3DC de la margen derecha del Rio Catamayo. La aptitud agrícola de estos suelos es para maíz, maní, frejol, sandía, melón y pastos (silvopastoril).

5.4.3.1.3. Clase agrológica IV

La clase agrológica IV, tienen 7 subclases agrológicas, 20 unidades fisiográficas con restricciones de suelo y topografía, con pendientes que varían de 8 a 30 %, la profundidad del suelo varia de 14 cm a 124 cm, cubre un área total de 4 283,72 ha, se identificaron 13 series de suelos denominadas Briones, Camachos, Ceiba Chica, Ceiba Grande, Ceiba Vieja, Hualtaco, Jiménez, Pampa Blanca, Pitayo, Romero, Tronco Quemado, Zapallal y Zapote, se ubican en la zona 1C margen izquierda del rio Alamor, zona 2C margen derecha del rio Alamor, zona 3IC ramal 3IC y Zona 3DC ramal 3DC de la margen derecha del Rio Catamayo.

Las subclases agrológicas se caracterizan por sus limitaciones de suelo, topografía, textura, drenaje, se describe a continuación:

- La subclase agrológica 4CFs, con limitaciones de suelo y topografía, apta para la siembra de cucurbitáceas y/o frutales
- La subclase agrológica 4Cst, con limitaciones de suelo y topografía, apta para la siembra de pastos y/o silvopasturas.
- La subclase agrológica 4Fst, con limitaciones de suelo y topografía, apta para la siembra de frutales (cítricos), pastos y/o silvopasturas.
- La subclase agrológica 4PCst, con limitaciones de suelo y topografía, apta para la siembra de pastos (silvopasturas) y cucurbitáceas (sandía, melón).
- La subclase agrológica 4Pst, con limitaciones de suelo y topografía, apta para la siembra de pastos (silvopasturas).
- La subclase agrológica 4RPs, con deficiencias de suelo y topografía, apta para la siembra de arroz, pastos (silvopasturas) y cucurbitáceas (sandía, melón)
- La subclase agrológica 4Rsd, con restricciones de suelo, drenaje y topografía, apta para la siembra de arroz.

Tabla 4.

Estudio de suelos con fines de riego en el área de riego Zapotillo

Item	Unidad Fisiográfica	Serie de suelos	Clase agrologica	Textura			CC %	PMP %	Da g/cm^3	P. ef. (cm)	Vib (mm/hr)
1	A311	Limones	II	Fo			18,5	9,5	1,4	88,0	16,7
2	A312	Alamor	II	FoAc			22,0	11,5	1,3	73,0	80,0
3	A32	Chira	II	Fo	FoLo		14,0	9,0	1,1	54,0	6,2
4	A4	Mancora	II	Fo	FoAo	AoFo	15,5	8,0	1,1	55,5	47,5
5	A111	Tamarindo	III	Fo	FoAc		17,0	9,0	1,4	31,0	115,0
6	A124	Valle Hermoso	II	Fo	FoAcLo	FoLo	19,0	11,0	1,3	54,0	13,7
7	A1132	Garzaguachana	III	FoAc	Ac		22,0	12,0	1,4	72,0	15,8
8	A211	Corregidor	III	FoAc			22,5	12,0	1,6	51,0	11,2
9	A212i-me	Pitayo	III	FoAc			19,5	14,5	1,4	37,0	16,2
10	A2132	La Ceiba	III	FoAc			23,0	12,0	1,5	42,0	5,0
11	A214	Chambarango	III	FoAc	FoAcLo		22,0	12,0	1,5	83,0	16,2
12	A224	Achiote	III	Fo	FoAc	Ac	21,0	11,0	1,4	43,0	87,5
13	A121 II	Huasimo	III	Fo	FoAo	AoFo	15,0	9,5	1,5	51,5	70,0
14	A121si	Huasimo	III	Fo	FoAc		15,0	9,5	1,5	51,5	70,0
15	A223i	Jiménez	III	Fo	FoAc		19,5	10,5	1,5	36,5	159,9
16	A112i-me	Camachos	IV	Fo	FoAc		25,0	11,5	1,4	27,0	7,5
17	A112me-me	Camachos	IV	Fo	FoAc		25,0	11,5	1,4	27,0	7,5
18	A114II	Ceiba Vieja	IV	Ac	Ac		22,0	13,5	1,6	69,5	7,5
19	A114si	Ceiba Vieja	IV	Ac	Ac		22,0	13,5	1,6	69,5	6,2
20	A3131 II	Ceiba chica	IV	Fo	FoAc		24,5	13,5	1,6	71,5	16,2
21	A3131si	Ceiba chica	IV	Fo	FoAc		24,5	13,5	1,6	71,5	1,7
22	A3132	Ceiba Grande	IV	Fo	FoAc		24,5	13,5	1,6	70,0	1,7
23	A212me-me	Pitayo	IV	FoAc			19,5	14,5	1,4	37,0	1,7
24	A2131	Zapallal	IV	Fo	FoAc		23,0	12,5	1,4	43,0	1,7
25	A1131	Zapote	IV	FoAc	Ac		22,5	12,5	1,5	42,5	6,2
26	A1222i-me	Pampa Blanca	IV	Fo	FoAc		15,0	8,5	1,5	26,5	159,9
27	A1222me-me	Pampa Blanca	IV	Fo	FoAc		15,0	8,5	1,5	26,5	62,5
28	A1221	Briones	IV	Fo	FoAc	Ac	20,0	10,5	1,6	30,0	77,5

29	A123	Romero	IV	FoAc	Ac		30,5	16,5	1,5	36,0	77,5
30	A221si-me	Tronco Quemado	IV	Fo	FoAc		20,0	11,0	1,4	36,0	77,5
31	A221i-me	Tronco Quemado	IV	Fo	FoAc		20,0	11,0	1,4	36,0	72,5
32	A221me-me	Tronco Quemado	IV	Fo	FoAc		20,0	11,0	1,4	36,0	72,5
33	A222si	Hualtaco	IV	FoAr	Fo		19,5	11,0	1,4	27,0	27,5
34	A222i	Hualtaco	IV	FoAr	Fo	Ar	19,5	11,0	1,4	27,0	120,0
35	A223me	Jiménez	IV	Fo	FoAc		19,5	10,5	1,5	36,5	120,0

Fuente: Estudio de suelos Zapotillo EX PREDESUR (1996). Estudio Agrologico Gobierno Provincial de Loja (2020).

5.4.3.2. Factores prácticos utilizados en la programación de riego

Para determinar un calendario de riego se consideró el patrón de cultivos proyectado, el calendario de riegos, época de siembra utilizado por los agricultores realizando un conversatorio con usuarios del sector 3, así mismo, se analizó los cultivos de mayor porcentaje de área cultivada, sin embargo, se los estableció primordialmente, según las propiedades físicas de los suelos y productividad, con el mejor método de riego. Los requerimientos de riego se calcularon de igual forma que en el objetivo dos, acápite 5.4.2.4 de metodología y con el mes de mayor demanda, se calculó el caudal continuo para cada cultivo con su respectiva área.

Para realizar la programación de riego se consideró algunos parámetros fundamentales tomado de Maldonado (2017), que se presentan a continuación.

5.4.3.2.1. Lámina neta.

Para calcular la lámina neta se aplicó la siguiente ecuación:

$$L_n = P * (CC - PMP) * \frac{D_a}{D_w} * Pef * 10$$

Donde:

Ln: = Lámina neta (mm)

P = Porcentaje de agotamiento (decimales)

CC = Contenido de humedad a capacidad de campo (decimales)

PMP = Contenido de humedad a punto marchitez permanente (decimales)

Da = Densidad aparente del suelo (g/cm^3)

Dw = Densidad del agua (g/cm^3)

Pef = Profundidad efectiva de las raíces (cm)

El porcentaje de agotamiento se los obtuvo a partir del documento FAO 56

5.4.3.2.2. Lámina bruta.

La lámina bruta se obtuvo a partir de la lámina neta y la eficiencia de riego.

$$Lb = \frac{Ln}{Efa}$$

Donde:

Ln = Lámina neta.

Efa = eficiencia de riego.

5.4.3.2.3. Frecuencia de riego.

Se refiere al tiempo o intervalo después del cual se debe repetir el riego, aplicando la siguiente ecuación:

$$Fr = \frac{Ln}{NR\mathrm{n}}$$

Donde:

Fr = frecuencia de riego (días)

Ln = Lámina neta (mm)

NRn = Necesidad de riego (mm/día)

5.4.3.2.4. Tiempo de riego.

El tiempo de riego o periodo de aplicación del agua (duración del riego), se la determino mediante la siguiente ecuación; la velocidad de infiltración se la tomo del estudio de suelos.

$$Tr = \frac{Lb}{vib}$$

Dónde:

Tr = tiempo de riego (horas)

Lb = Lámina bruta (mm)

vib = Velocidad de infiltración (mm/hr)

El caudal característico se determinó en base a dos tipos de eficiencias consideradas, la eficiencia de conducción (90 %) y la eficiencia de aplicación, para cada cultivo. Las frecuencias de riego se utilizaron según el cálculo antes mencionado. Una vez con el caudal modular, se dividió para cada área de los propietarios considerados en el módulo, obteniendo el caudal de turno para cada usuario y, finalmente con este caudal y el criterio de riego se elaboró el calendario de riego. Para facilitar el manejo y cálculo de los datos se procesaron en una hoja de cálculo de Excel y se compararon diferentes eficiencias de aplicación y áreas regadas.

6. Resultados

En esta sección se presenta los resultados de la investigación realizada para cada objetivo propuesto del sistema de riego Zapotillo. Se presenta los valores obtenidos de la información espacial con respecto al catastro de la zona regable, además del ETo, Kc y ETc que determinan los requerimientos hídricos del patrón de cultivos actual y, de igual manera, la propuesta de riego para un patrón de cultivo propuesto.

6.1. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) a través de métodos empíricos del sistema de riego Zapotillo.

6.1.1. Catastro del sistema de riego Zapotillo

En la Tabla 5, se detalla el uso actual del suelo del sistema de riego, donde se evidencia el bosque seco matorral, siendo un área regable como la superficie mayormente ocupada con un 41,28 %, seguidamente por los cultivos anuales con un 28,84 % y el bosque seco matorral como un área no regable de 19,32 %.

Tabla 5.

Uso actual del suelo

CATEORÍAS DE UTILIZACIÓN	SUPERFICIE TOTAL (ha)	PORCENTAJE %
Superficie agrícola		
Cultivos anuales	3 499,54	28,84
Cultivos perennes	579,14	4,77
Pastos	1,52	0,01
Otros usos		
Bosque seco matorral área Regable	5 009,86	41,28
Bosque seco matorral área No Regable	2 344,13	19,32
Vías, construcciones, quebradas	698,57	5,76
Cementerio	1,27	0,01
Reservorio de agua	1,87	0,02
Total	**12 135,90**	**100**

La Tabla 6 muestra la distribución de usuarios por unidad de producción agrícola, donde el sector 5, se agrupan la mayoría de fincas pequeñas, no se muestra ninguna finca grande, por otro lado, el resto de los sectores presentan la misma tendencia con más del 50 % de fincas pequeñas, seguidamente por las medianas y por las grandes, sin embargo, el sector 4 reúne la mayoría de fincas grandes con 57,84 % del total, siendo el más representativo, y mucho más grande.

Tabla 6.

Distribución de unidad de producción agrícola por tamaño de superficie.

SECTOR	PEQUEÑOS *0,01-5,00 ha*	MEDIANOS *5,01-20 ha*	GRANDES *Mayor a 20 ha*	TOTAL
Sector 1	152	53	17	222
Sector 2	252	72	14	338
Sector 3	47	22	12	81
Sector 4	329	118	59	506
Sector 5	30	2	0	32
Total	**810**	**267**	**102**	**1179**
%	68,7	22,6	8,7	100

Se observa en la Tabla 7, actualmente el área regada del sistema representa el 45,2 % de las 7 887 ha del área regable, de igual manera, el sector 2 tiene mayor porcentaje de área regada con un 64,9 %, seguidamente por el sector 1 con 56,7 % y el sector 4 con 44,3 %; por otro lado, el sector 3 tiene menor área de riego ocupando un 11,2 %. En la Figura 6, se presenta el mapa base donde se ubican los cinco sectores con sus respectivos partidores.

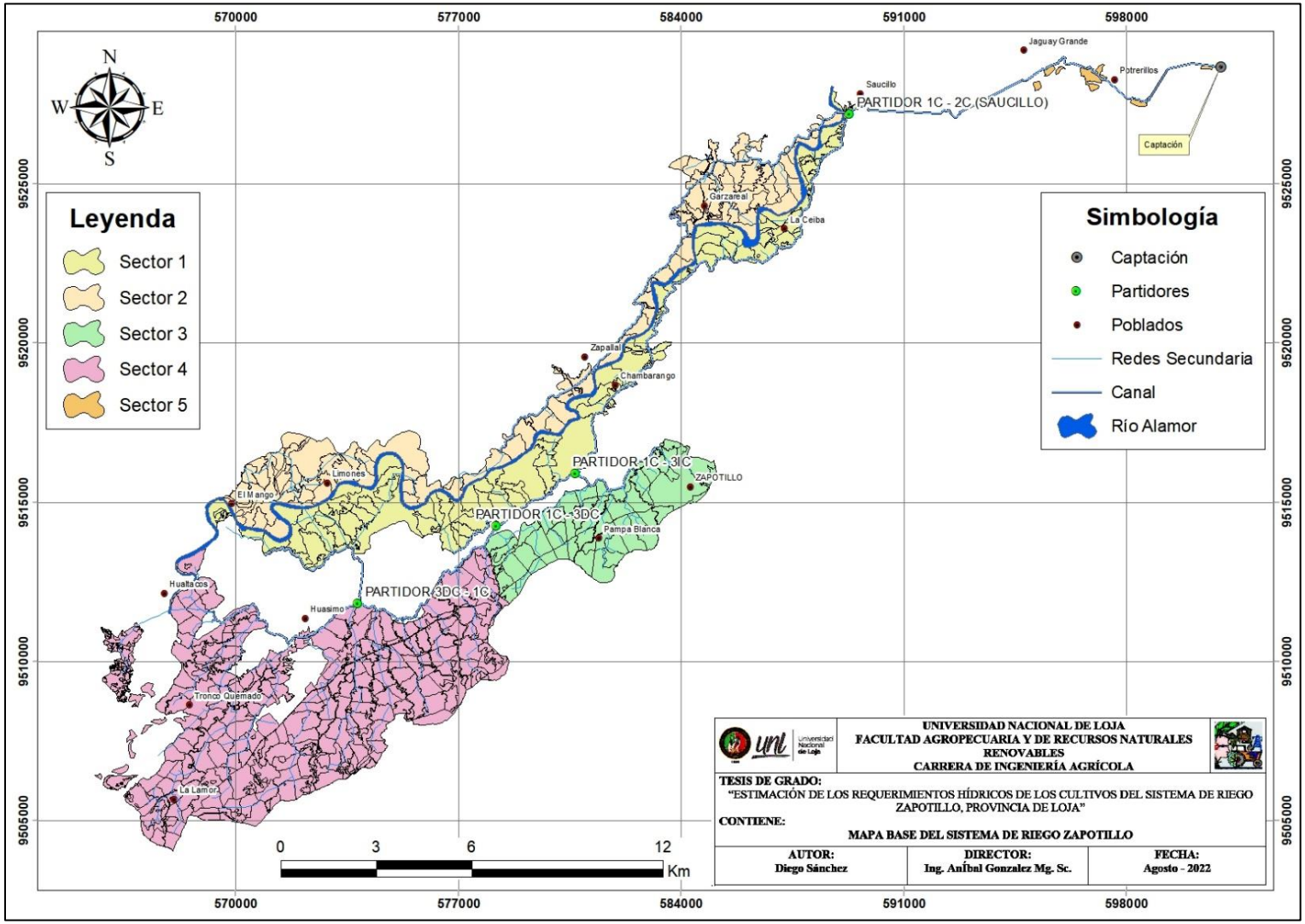
Tabla 7.

Superficie irrigada por sectores

SECTOR	REGABLE (ha)	NO REGADA (ha)	REGADA (ha)	PORCENTAJE AREA REGADA %
Sector 1	1368,5	592,9	775,6	56,7
Sector 2	1331,9	467,6	864,2	64,9
Sector 3	1126,2	1000,5	125,7	11,2
Sector 4	3996,0	2227,1	1 768,8	44,3
Sector 5	64,5	37,2	27,3	42,3
Total	**7 887**	**4 325,4**	**3 561,6**	**45,2**

Figura 6.

Mapa base del sistema de riego Zapotillo



Fuente: Gobierno Provincial de Loja (2020). Estudios y diseños para actualización catastral e hidráulica, potencialización y redefinición de la operación del sistema de riego Zapotillo.

6.1.2. Precipitación media de la zona de riego

En la Tabla 8 y en la Figura 7 se destaca los datos pluviométricos de la estación Zapotillo dando como resultado una precipitación media plurianual de 759,2 mm. Los meses menos lluviosos van desde el mes de junio a noviembre con una precipitación de 3,6 mm a 4,3 mm, y los meses con mayor precipitación van desde enero a abril con una precipitación de 83,1 mm hasta 313,3 mm.

Se puede observar que existe una variación drástica de la precipitación por años, por ejemplo, el año de 1968 tiene una precipitación anual de 16,6 mm/año que representa el año con menor precipitación, y para 1983 representa el año con mayor precipitación con 3 315 mm/año.

Tabla 8.

Precipitación media de la estación zapotillo

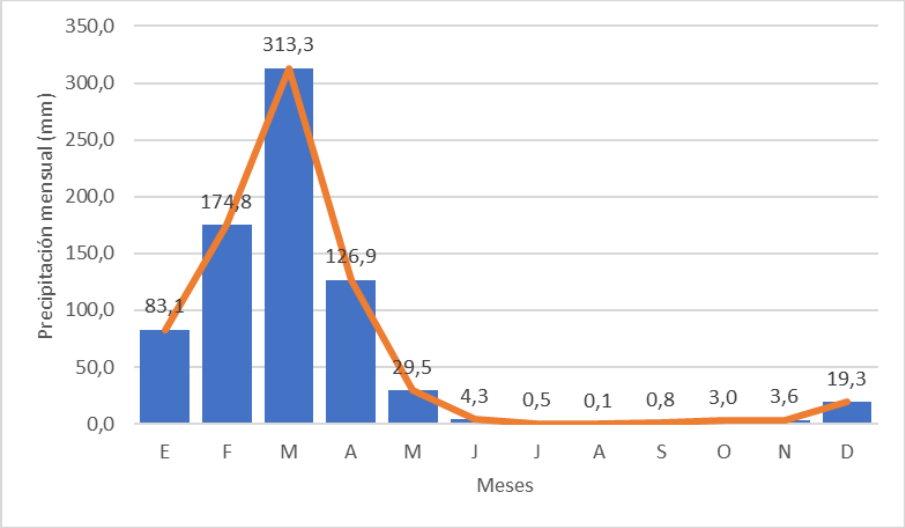
Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
1964	0,5	10,8	15,1	59,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,7	0,8	88,8
1965	40,3	12,8	911,1	694,1	135,5	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	4,4	1,7	1803,6
1966	4,5	41,7	332,1	66,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,1	4,0	2,0	481,4
1967	11,4	81,3	59,2	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	0,0	0,4	191,5
1968	0,0	9,6	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**16,6**
1969	47,2	20,0	251,8	49,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	2,6	381,5
1970	37,1	76,3	19,2	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	6,6	148,3
1971	10,6	64,9	526,4	69,4	9,2	5,3	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	1,7	691,3
1972	12,8	106,2	790,4	95,5	5,1	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	1025,3
1973	229,7	270,3	230,5	26,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	759,3
1974	18,6	18,5	21,7	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	8,9	0,2	0,0	69,5
1975	0,4	142,1	284,3	37,5	2,2	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	469,3
1976	16,3	229,8	314,6	134,7	41,5	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	740,6
1977	32,8	313,9	333,3	77,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	757,1
1978	0,0	9,7	105,1	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	126,3
1979	4,5	113,7	104,3	19,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	243,0
1980	16,5	113,7	293,3	45,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	471,1
1981	3,0	25,2	323,7	20,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	376,9
1982	2,5	31,5	293,3	45,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	194,2	568,1
1983	619,7	329,1	679,5	836,8	620,3	135,5	14,0	0,0	1,0	29,8	0,2	49,1	**3315,0**
1984	31,3	527,5	323,4	45,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	929,8
1985	2,7	120,3	58,5	8,0	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	1,0	204,0
1986	54,8	200,4	293,3	96,3	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,9	679,8
1987	178,9	253,9	465,4	221,7	1,1	0,0	0,0	1,2	0,0	1,5	0,0	0,0	1123,7
1988	16,9	28,2	6,3	30,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,5
1989	163,6	328,4	302,3	108,1	0,6	20,6	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	1,0	929,2
1990	16,7	27,7	20,5	27,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	8,0	107,0
1991	16,5	113,7	163,5	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	299,3
1992	36,3	95,9	392,8	172,0	155,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	852,5
1993	2,7	282,8	675,4	294,2	67,7	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1323,4
1994	16,5	113,7	293,3	45,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	482,9
1995	4,8	0,0	3,2	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	14,6	24,9
1996	5,8	39,7	38,6	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	1,0	89,9
1997	7,8	112,4	133,9	242,8	39,2	4,4	0,0	0,5	24,7	10,0	21,2	336,2	933,1
1998	619,4	568,5	685,6	883,7	73,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	1,7	2836,5
1999	71,3	293,1	180,2	6,7	22,1	1,5	0,0	0,0	5,8	0,3	19,8	94,2	695,0
2000	428,7	293,1	373,2	157,3	23,7	7,1	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	85,2	1370,5
2001	250,0	144,7	485,0	247,7	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	47,2	4,8	1192,8
2002	55,2	84,3	945,7	280,9	12,6	0,0	0,0	2,0	0,0	5,7	23,6	0,0	1410,0

2003	79,2	60,9	96,5	0,0	31,8	4,7	0,0	0,0	1,1	0,0	3,5	6,5	284,3
2004	141,1	50,1	28,6	25,5	31,8	0,0	4,0	0,0	0,0	3,2	3,5	22,0	309,9
2005	80,7	1086,3	759,4	127,4	18,1	0,0	4,0	0,0	0,0	3,6	3,5	22,0	2105,0
2006	221,5	568,2	394,0	132,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	2,6	1321,6
2007	44,7	36,2	331,2	166,1	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,9	0,0	582,1
2008	185,5	463,9	683,4	150,7	5,0	2,9	1,8	0,0	0,0	1,8	10,8	0,0	1505,8
2009	205,3	327,0	321,6	135,3	66,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	4,2	9,1	1070,2
2010	55,8	298,7	537,4	139,1	22,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	5,3	1062,5
2011	10,7	98,1	7,5	211,5	13,1	15,3	0,7	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	361,7
2012	85,7	180,0	310,2	211,5	18,1	4,4	0,0	0,0	0,0	5,0	4,9	20,0	839,7
2013	79,9	180,0	526,7	9,4	36,8	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	1,4	4,8	843,0
2014	27,9	48,3	118,6	6,8	20,4	4,3	0,5	0,1	0,0	3,0	3,6	19,3	252,8
2015	16,5	43,7	446,2	83,3	28,6	4,3	0,5	0,1	0,0	3,0	3,6	19,3	649,1
Total	4322,8	9090,7	16290,3	6597,4	1534,2	224,4	26,1	3,8	43,6	155,4	186,2	1004,1	39478,9
Media	**83,1**	**174,8**	**313,3**	**126,9**	**29,5**	**4,3**	**0,5**	**0,1**	**0,8**	**3,0**	**3,6**	**19,3**	**759,2**
Max	619,7	1086,3	945,7	883,7	620,3	135,5	14,0	2,0	24,7	31,1	47,2	336,2	3315,0
Min	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6
Desv.E.	136,4	195,2	249,1	186,9	88,5	18,8	2,1	0,3	3,5	6,2	8,1	54,4	668,0
CV(%)	1640	111,7	79,5	147,3	299,9	434,6	409,0	436,0	422,7	208,3	225,7	281,9	88,0

Fuente: Anuarios metereologicos, INAMHI.

Figura 7.

Histograma de la precipitación media de la estación Zapotillo



6.1.3. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)

Con el fin de obtener un análisis espacial se utilizó los datos a partir de la página CHELSA que calcula la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) por el método de Penman – Monteith, se pudo encontrar los valores para cada mes de la zona de estudio, con una serie estadística desde 1995 a 2019. De igual manera, se calculó por el método de Blaney-Criddle a partir de la temperatura registrada desde 1982 a 2015, se obtuvo la temperatura media para cada mes, y con el porcentaje diario medio de horas diurnas anuales, se obtuvo la ETo por este método, con el fin de realizar un promedio entre estos dos métodos y se obtuvo los resultados que se presenta en

la Tabla 9. La mayor evapotranspiración durante el año se presenta en los meses de octubre y noviembre con 5,3 mm/día como se observa en la Figura 8, mientras que, los meses con menor evapotranspiración son mayo y junio, con 4,7 mm/día, y el ETo promedio para la zona de estudio es 5,0 mm/día.

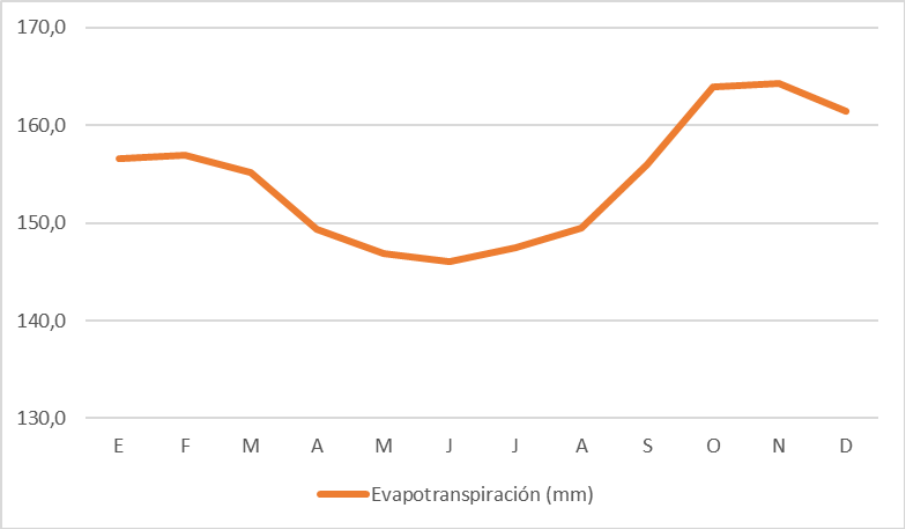
Tabla 9.

Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)

Meses	**ETo (mm/día) Penman - Monteith CHELSA**	**ETo (mm/día) Blaney - Criddle**	**Promedio ETo**	**ETo (mm/mes)**
Enero	4,6	5,5	5,1	156,6
Febrero	4,4	5,7	5,1	156,9
Marzo	4,5	5,5	5,0	155,2
Abril	4,5	5,2	4,8	149,3
Mayo	4,4	5,1	**4,7**	146,9
Junio	4,3	5,2	**4,7**	146,1
Julio	4,4	5,1	4,8	147,4
Agosto	4,8	4,9	4,8	149,5
Septiembre	5,1	5,0	5,0	156,0
Octubre	5,2	5,4	**5,3**	163,9
Noviembre	5,1	5,5	**5,3**	164,3
Diciembre	4,9	5,5	5,2	161,5
Total	56,2	63,4	59,8	1853,5
Media	**4,7**	**5,3**	**5,0**	**154,5**
Desv. Est.	0,3	0,2	0,2	6,3
CV (%)	6,7	4,7	4,1	4,1

Figura 8.

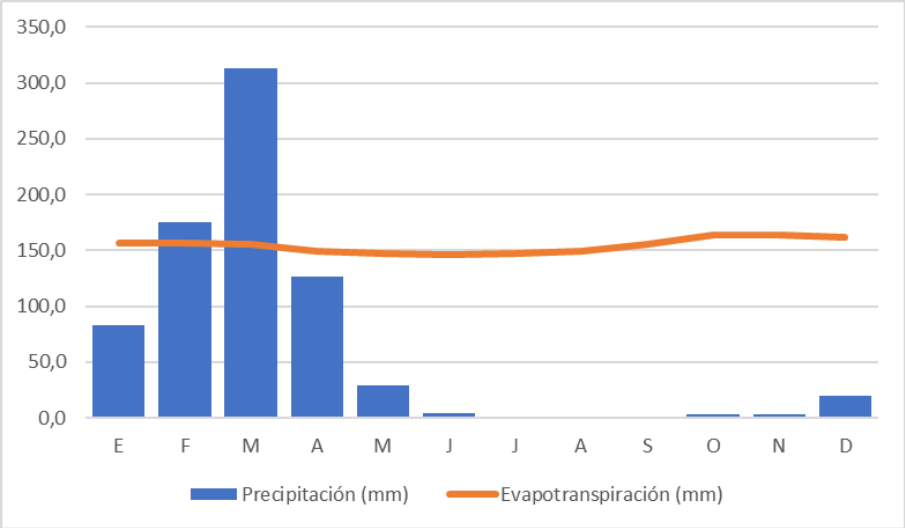
Representación gráfica de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)



La evapotranspiración en los meses de febrero y marzo es menor a la precipitación, donde los valores son de 5,1 y 5 mm/día, sin embargo, el resto de los meses, la evapotranspiración es mayor a la precipitación, determinando que las lluvias no abastecen en mayor parte del año, como se puede evidenciar en la Figura 9.

Figura 9.

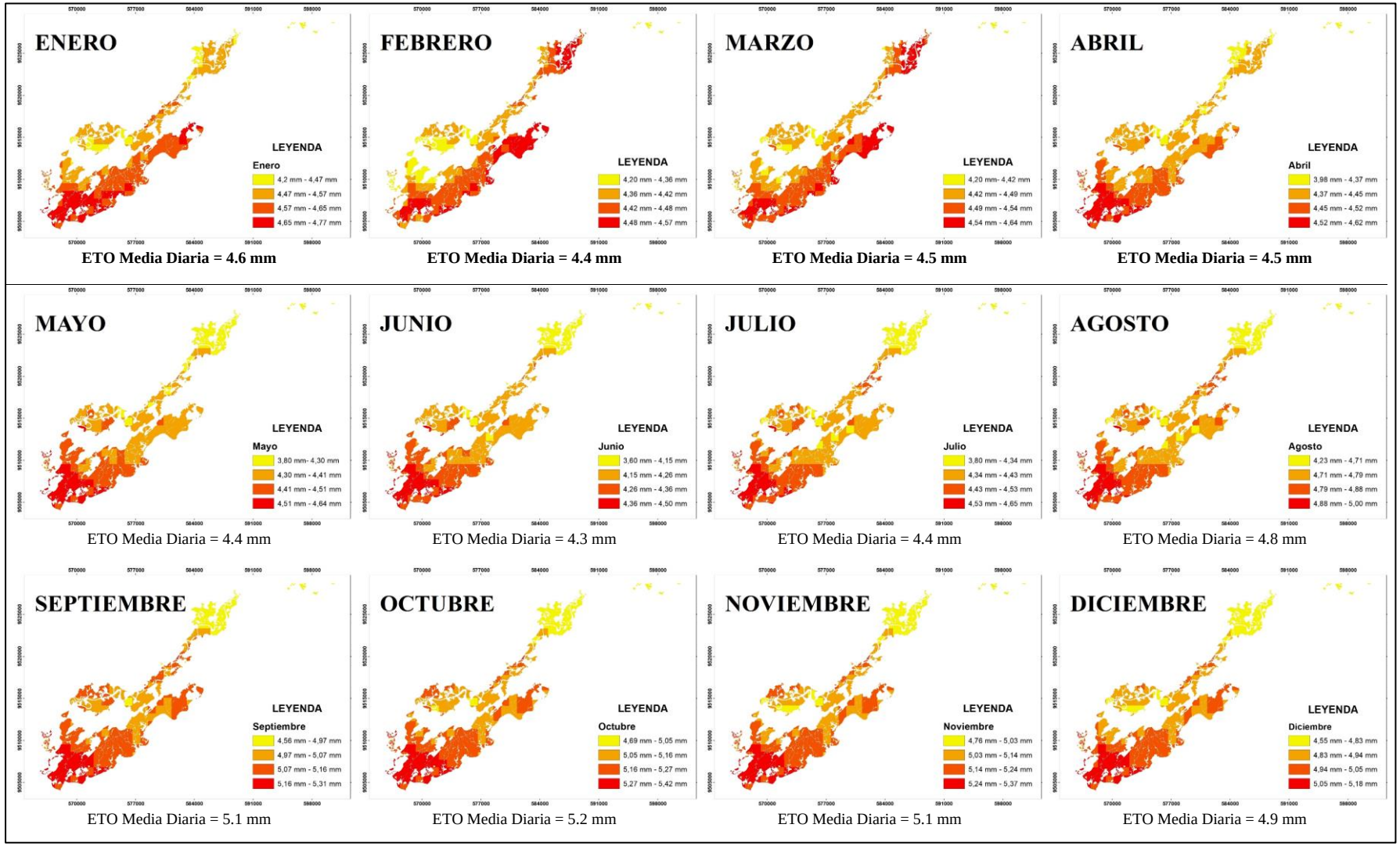
Relación entre precipitación y evapotranspiración



Como se observa en la Figura 10, se representa espacialmente los valores de ETo mensual en toda la extensión del sistema de riego, donde los valores más bajos son representados por el color amarillo y los valores más altos por el color rojo.

Figura 10.

Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia para la zona de riego



Fuente: CHELSA. Evapotranspiración del cultivo de referencia

6.2. Evapotranspiración del cultivo (ETc) y requerimientos hídricos para el patrón de cultivos establecido.

6.2.1. Patrón de cultivos

En la Figura 11, se presenta las etapas de desarrollo de los cultivos: fase inicial, desarrollo, mediados y final, con la duración del ciclo productivo, por cultivos anuales y perennes.

En la Tabla 10 y en las Figuras 12 y 13, se presentan los cultivos que actualmente están en producción, donde se observa el cultivo con mayor área de producción sobre la superficie es el arroz con un 38,7 %, seguido por el cultivo de maíz con un 29,7 % y la cebolla con 9,9 % de un total de 3 561,6 hectáreas regadas.

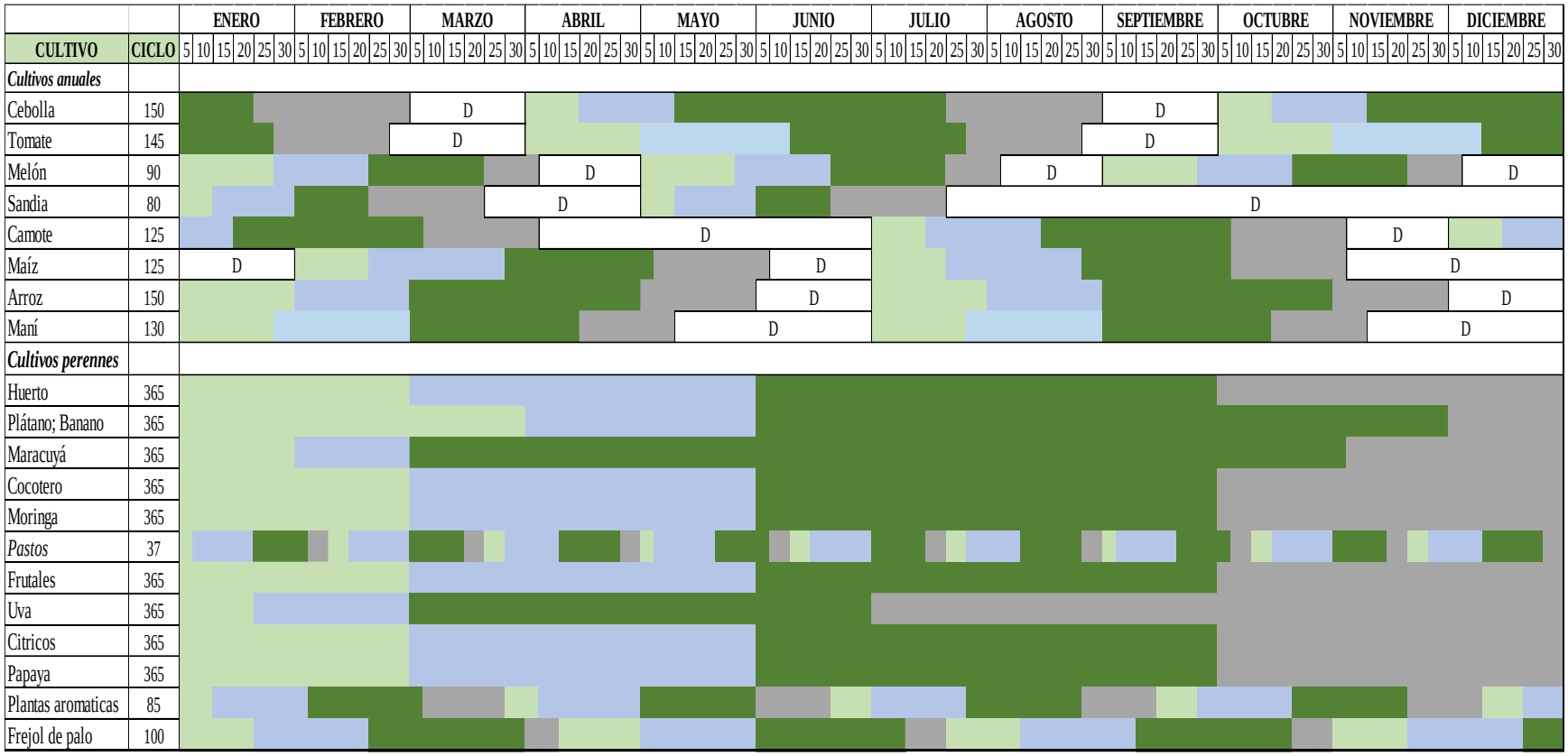
Tabla 10.

Superficie cultivada

CULTIVOS	TOTAL (ha)	IRRIGADA (ha)	%
Cebolla	358,4	353,8	9,9
Tomate	27,2	26,9	0,8
Melón	119,3	118,3	3,3
Sandia	33,7	33,7	0,9
Huertas	221,8	232,9	6,5
Camote	9,0	7,9	0,2
Maíz	1 070,8	1 057,9	29,7
Arroz	1 385,2	1 379,5	38,7
Maní	3,0	3,0	0,1
Plátano; Banano	2,8	2,8	0,1
Maracuyá	29,9	29,6	0,8
Cocotero	67,8	66,3	1,9
Moringa	20,4	20,4	0,6
Pastos	200,4	197,1	5,5
Frutales	16,2	13,6	0,4
Uva	11,5	11,4	0,3
Cítricos	2,3	2,3	0,1
Papaya	2,3	2,3	0,1
Plantas aromáticas	1,5	1,5	0,04
Frejol de palo	0,5	0,5	0,01
Total	**3 583,9**	**3 561,6**	**100**

Figura 11.

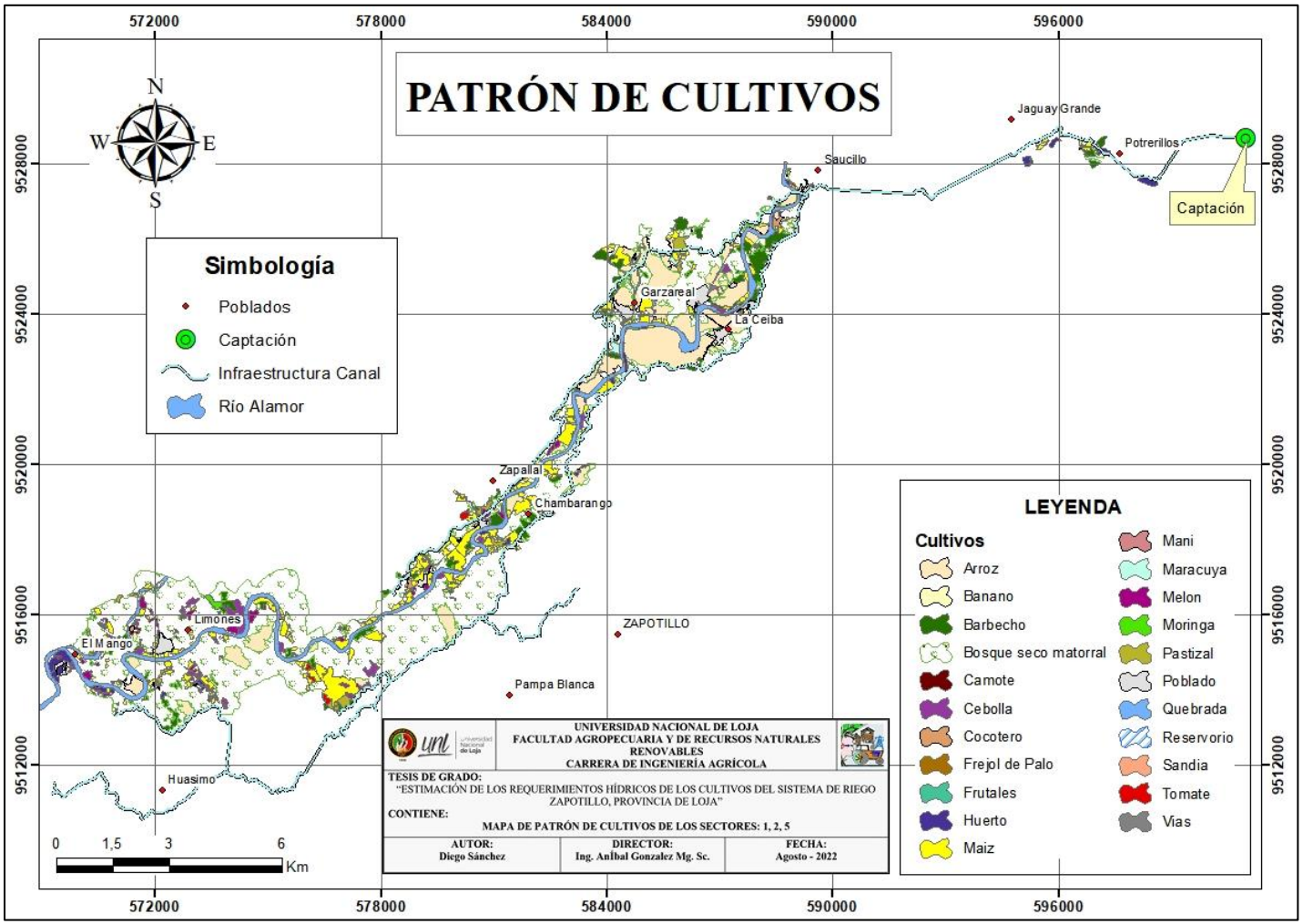
Patrón de cultivos actual del Sistema de Riego Zapotillo



LEYENDA	
Fase Inicial	
Fase Desarrollo	
Fase Mediados	
Fase Final	
Descanso	D

Figura 12.

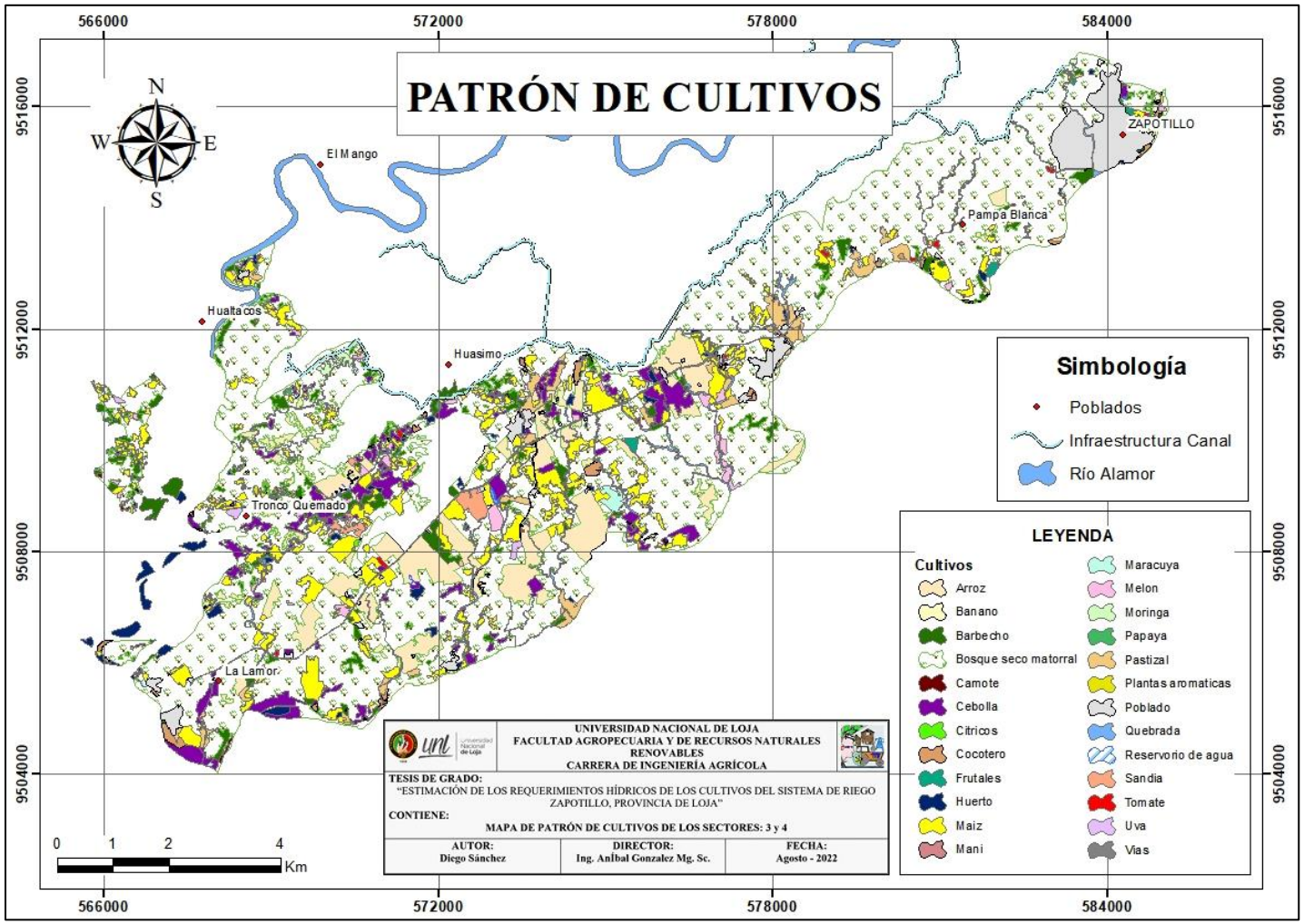
Patrón de cultivos de los sectores 1,2 y 5 (situación actual)



Fuente: Gobierno Provincial de Loja (2020). Estudios y diseños para actualización catastral e hidráulica, potencialización y redefinición de la operación del sistema de riego Zapotillo.

Figura 13.

Patrón de cultivos de los sectores 3 y 4 (situación actual)



Fuente: Gobierno Provincial de Loja (2020). Estudios y diseños para actualización catastral e hidráulica, potencialización y redefinición de la operación del sistema de riego Zapotillo.

6.2.2. Coeficiente de cultivo Kc

En la Tabla 11, se puede observar que los valores máximos de Kc son para los cultivos de arroz, banano y maíz, mientras que los valores más bajos son para los cultivos de frutales, moringa y cítricos.

Tabla 11.

Coeficiente de cultivo Kc de los cultivos actualmente regados

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Cultivos anuales												
Cebolla	1,00	1,00		0,77	0,99	1,00	1,00	1,00		0,77	0,99	1,00
Tomate	1,16	0,98		0,60	0,87	1,18	1,16	0,98		0,60	0,87	1,18
Melón	0,53	0,79	0,77	0,60	0,53	0,79	0,77	0,60	0,53	0,79	0,77	0,60
Sandia	0,69	0,97	0,81		0,69	0,97	0,81					
Camote	1,11	1,15	0,91	0,65			0,62	1,11	1,15	0,91	0,65	0,62
Maíz		0,69	1,09	1,20	0,79	0,35	0,69	1,09	1,20	0,79	0,35	
Arroz	1,00	1,14	1,20	1,20	0,83		1,00	1,14	1,20	1,20	0,83	
Maní	0,45	0,91	1,15	1,03	0,66		0,45	0,91	1,15	1,03	0,66	
Cultivos perennes												
Huerta	0,75	0,75	0,76	0,78	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80	0,78	0,75	0,71
Plátano; Banano	1,00	1,00	1,00	1,00	1,06	1,16	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,18
Maracuyá	0,50	0,65	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,70	0,56
Cocotero	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Moringa	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Pastos	0,94	0,94	0,96	1,10	0,94	0,94	0,96	1,10	0,94	0,94	0,96	1,10
Frutales	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Uva	0,35	0,70	0,85	0,85	0,85	0,85	0,80	0,74	0,67	0,61	0,55	0,48
Cítricos	0,70	0,70	0,69	0,67	0,66	0,65	0,65	0,65	0,65	0,66	0,68	0,69
Papaya	0,15	0,15	0,33	0,62	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	0,79	0,67
Plantas aromáticas	0,80	1,14	0,99	0,88	1,14	0,90	0,96	1,14	0,84	1,04	1,12	0,81
Frejol de palo	0,49	1,02	1,15	0,47	0,85	1,14	0,70	0,65	1,11	0,95	0,49	1,02

Elaboración: El autor

6.2.3. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Siguiendo la metodología se obtuvo los valores de evapotranspiración del cultivo, como se observa en la Tabla 12, estos dependen directamente del coeficiente de cultivo Kc y la ETo. Como resultado el banano es el cultivo que mayor demanda agua hacia la atmósfera con 2 072 mm/año.

Tabla 12.

Evapotranspiración del cultivo (mm/mes)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Cultivos anuales													
Cebolla	157	157		115	145	146	147	149		126	162	161	**1 466**
Tomate	182	153		90	128	173	171	146		98	144	191	**1 476**
Melón	84	124	119	90	78	116	113	90	83	130	126	97	**1 250**
Sandia	108	152	126		101	142	119						**748**
Camote	174	180	141	97			91	166	179	149	107	100	**1384**

Maíz		108	169	179	116	51	101	163	187	129	57		**1260**
Arroz	157	178	186	179	121		147	170	187	197	136		**1658**
Maní	70	142	178	153	96		66	135	179	168	108		**1296**
Cultivos perennes													
Huerta	117	118	118	116	117	117	118	120	125	128	123	115	**1432**
Plátano; Banano	157	157	155	149	156	170	177	179	187	197	197	191	**2072**
Maracuyá	78	102	116	112	110	110	111	112	117	123	115	90	**1296**
Coco	125	126	124	119	118	117	118	120	125	131	131	129	**1483**
Moringa	95	96	95	91	90	89	90	91	95	100	100	99	**1131**
Pastos	148	147	149	165	138	137	142	165	147	153	158	178	**1825**
Frutales	95	96	95	91	90	89	90	91	95	100	100	99	**1131**
Uva	55	110	132	127	125	124	119	111	105	100	91	78	**1276**
Cítricos	110	110	107	101	96	95	96	97	101	108	111	112	**1244**
Papaya	23	24	51	92	132	146	147	149	156	151	130	108	**1311**
Plantas aromáticas	125	178	153	131	167	132	142	170	131	170	185	130	**1814**
Frejol de palo	77	160	178	70	125	167	103	98	173	156	81	165	**1555**
Total	**2136**	**2617**	**2393**	**2267**	**2250**	**2119**	**2409**	**2522**	**2374**	**2615**	**2362**	**2043**	**28 108**

Elaboración: El autor

6.2.4. Precipitación efectiva del sistema de riego Zapotillo

Haciendo uso del software CROPWAT 8.0 e ingresando los datos de precipitación media, los valores de precipitación efectiva rebelan una tendencia igual en los meses de mayor y menor precipitación, dando como resultado un total de 514,5 mm/año como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13.

Precipitación efectiva

Mes	P_medía (mm)	Peff (mm)
Enero	83,1	72,1
Febrero	174,8	125,9
Marzo	313,3	156,3
Abril	126,9	101,1
Mayo	29,5	28,1
Junio	4,3	4,3
Julio	0,5	0,5
Agosto	0,1	0,1
Septiembre	0,8	0,8
Octubre	3,0	3,0
Noviembre	3,6	3,6
Diciembre	19,3	18,7
Total	**759,2**	**514,5**
Media	63,3	42,9
Desv. Est.	93,5	53,9
CV	147,8	125,7

Elaboración: El autor

6.2.5. Requerimientos de riego

En la Tabla 14, se presenta los valores de los requerimientos hídricos resultado de la diferencia de la (ETc) y la precipitación efectiva. En los meses de febrero y marzo las necesidades hídricas de los cultivos son más baja ya que las lluvias cubren parcialmente el riego.

Tabla 14.

Requerimientos de riego según el patrón de cultivos actual (mm/mes)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Cultivos anuales													
Cebolla	84	31		14	117	142	147	149		123	158	143	**1109**
Tomate	110	27			100	168	171	146		95	140	172	**1130**
Melón	11				50	111	113	90	82	127	123	78	**786**
Sandia	36	26			73	137	119						**391**
Camote	102	55	15				91	166	179	146	103	81	**936**
Maíz			43	78	88	47	101	163	186	126	54		**885**
Arroz	84	52	60	78	93		147	170	186	194	132		**1197**
Maní		16	53	52	68		65	135	179	165	104		**837**
Cultivos perennes													
Huerta	45			15	89	113	117	120	124	125	120	97	**964**
Plátano; Banano	84	31	29	48	128	166	176	179	186	194	194	172	**1588**
Maracuyá	6			11	82	105	110	112	116	120	112	72	**846**
Coco	53			18	89	113	117	120	124	128	128	110	**1001**
Moringa	23				62	85	89	91	94	97	97	80	**718**
Pastos	75	21	23	63	110	132	141	165	146	150	154	159	**1341**
Frutales	23				62	85	89	91	94	97	97	80	**718**
Uva			6	26	97	120	118	111	104	97	87	59	**825**
Cítricos	38				68	91	95	97	101	105	108	93	**795**
Papaya					104	142	147	149	155	148	127	89	**1062**
Plantas aromáticas	53	52	27	30	139	128	142	170	130	167	181	111	**1330**
Frejol de palo	5	35	53		97	163	103	98	173	153	78	146	**1102**
Total	**834**	**346**	**309**	**434**	**1716**	**2046**	**2399**	**2520**	**2360**	**2558**	**2294**	**1744**	**19562**

Elaboración: El autor

En la Tabla 15, se refleja la cantidad de agua requerida para los sectores dando como resultado el mes de septiembre la mayor demanda para los sectores 1, 2 y 5, mientras los sectores 3 y 4 se presenta en el mes de agosto, así mismo, agosto representa el mes de mayor necesidad en todo el año con 5 524 dam^3/mes. En total actualmente el sistema de riego requiere de 37 511,9 dam^3/año para satisfacer los requerimientos de riego.

Tabla 15.

Requerimiento de riego por sectores (dam^3/mes)

SECTORES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Sector 1	438,8	234,3	346,2	518,6	713,4	288,0	1015,3	1246,3	1295,0	1256,9	861,4	183,0	**8397,3**
Sector 2	439,8	222,1	340,4	529,1	781,4	410,8	1104,5	1345,0	1369,6	1342,6	947,5	273,6	**9106,5**
Sector 3	54,4	16,0	34,5	69,1	117,0	106,7	153,2	190,2	184,9	171,0	135,5	92,9	**1325,5**
Sector 4	889,2	420,7	611,7	1007,4	1650,8	1073,6	2255,5	2706,2	2521,3	2597,1	1930,3	761,5	**18425,3**
Sector 5	8,6	0,1	3,7	9,6	24,1	25,2	30,7	36,4	39,1	34,2	27,2	18,4	**257,4**
TOTAL	**1831,0**	**893,1**	**1336,5**	**2133,8**	**3286,7**	**1904,4**	**4559,2**	**5524,0**	**5410,1**	**5401,8**	**3902,0**	**1329,4**	**37 511,9**

Elaboración: El autor

En la Tabla 16, se estima los requerimientos en litros por segundos en un año agrícola, tomando en cuenta una eficiencia de conducción y distribución del 90 %, y la eficiencia de aplicación de riego por gravedad (50 %), aspersión (70 %) y goteo (85 %). El sector 4 representa los mayores caudales.

Tabla 16.

Requerimiento de riego por sectores (l/s)

	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Total
Volumen (dam^3/año)	8 397,3	9 106,5	1 325,5	18 425,3	257,4	**37 511,9**
Caudal (l/s)	266,3	288,8	42,0	**584,3**	8,2	**1 189,5**
Ef. Aplicación Gravedad (50 %)	591,7	641,7	93,4	1298,4	18,1	**2 643,3**
Ef. Aplicación Aspersión (70 %)	422,7	458,4	66,7	927,4	13,0	**1 888,1**
Ef. Aplicación Goteo (85 %)	348,1	377,5	54,9	763,7	10,7	**1 554,9**

Elaboración: El autor

6.3. Propuesta de programación de riego en base al patrón de cultivo proyectado.

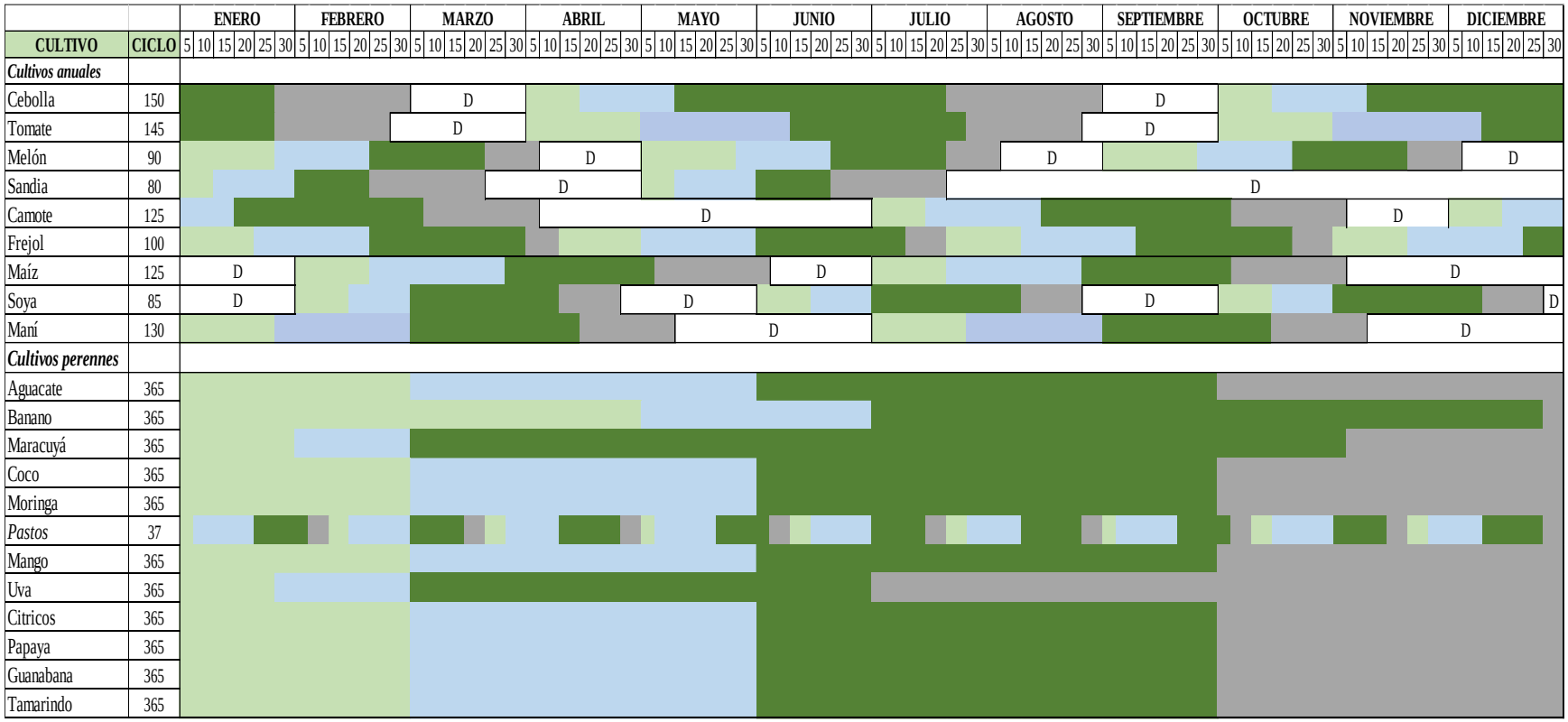
Para hacer la programación de riego se tomó el sector 3 como ejemplo, por ser uno de los sectores con mayor variedad de cultivos, con un tamaño mediano en comparación a los demás sectores. En la programación de riego del sector 3 se toma en cuenta las áreas que son regables pero que actualmente no están siendo producidas completamente, incrementando el área de 125,7 hectáreas a 1 126,19 hectáreas. El área del sector se divide en 48 módulos identificados y representados en la Figura 16.

6.3.1. Patrón de cultivos

En las Figuras 14 y 15, se muestra el patrón de cultivos con sus fases fenológicas según el ciclo productivo de cada uno durante un año agrícola, además, para los cultivos que se siembran más de una vez al año, se dejará descansar por un tiempo representado por la letra “D”. En la Tabla 17 se presenta los cultivos con sus respectivas áreas de riego, fechas de siembra para los cultivos anuales y perennes propuestos.

Figura 14.

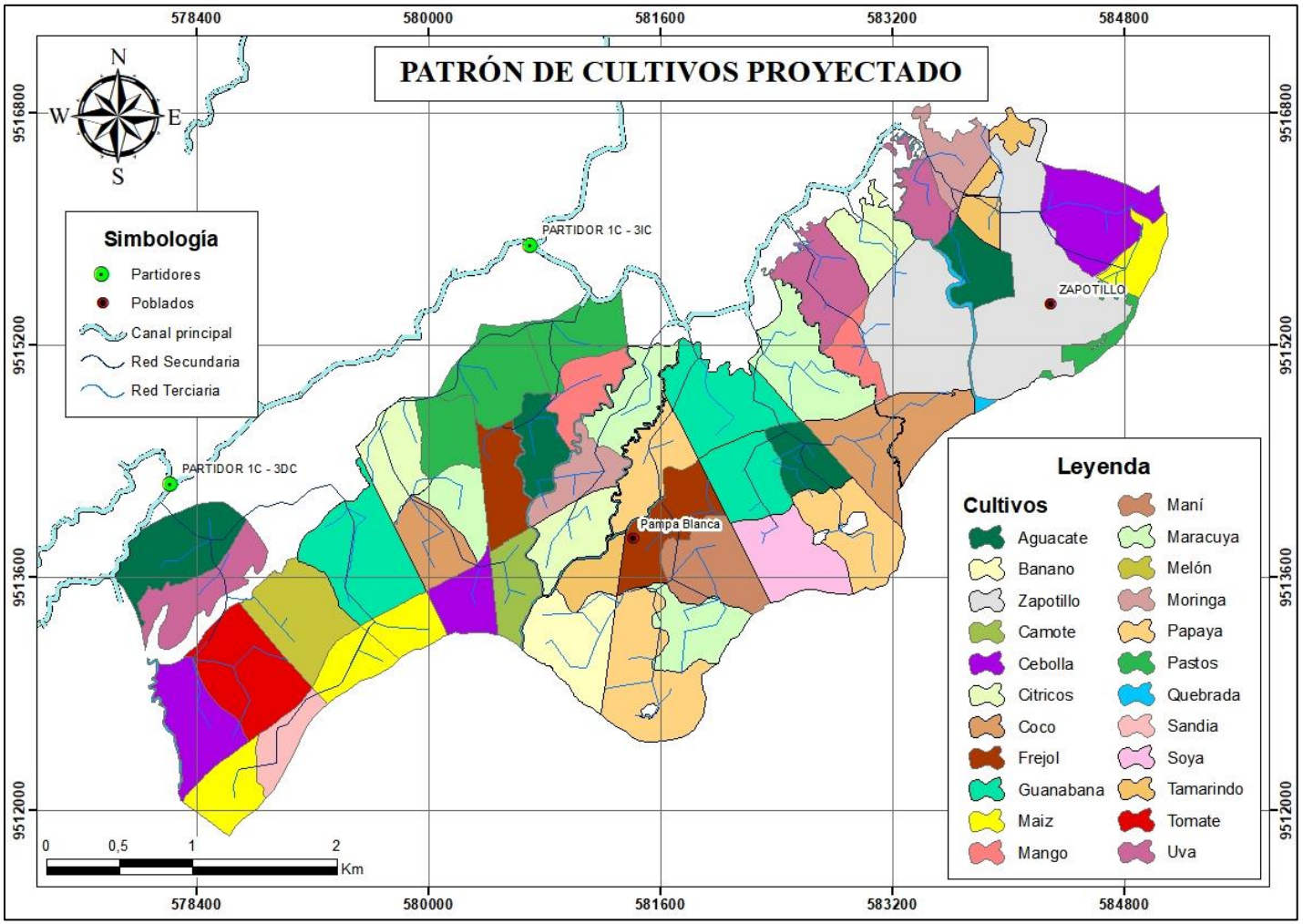
Patrón de cultivos (proyectado)



LEYENDA	
Fase Inicial	
Fase Desarrollo	
Fase Mediados	
Fase Final	
Descanso	D

Figura 15.

Mapa de Patrón de cultivos propuesto



Fuente: Gobierno Provincial de Loja (2020). Estudios y diseños para actualización catastral e hidráulica, potencialización y redefinición de la operación del sistema de riego Zapotillo.

Tabla 17.

Propuesta de cultivos para el sector 3

Cultivo	Área (Ha)	% área	Ciclo del cultivo (días)	Fecha de siembra
Cultivos anuales	**349,89**	**31,1**		
Cebolla	79,27	7,0	150	Abr-Oct
Tomate	41,60	3,7	145	Abr-Oct
Melón	35,67	3,2	90	Ene-May-Oct
Sandia	14,16	1,3	80	Ene-May
Camote	17,17	1,5	125	Jul-Dic
Frejol	49,88	4,4	100	Ene-Abri-Jul
Maíz	56,69	5,0	125	Feb-Jul
Soya	24,81	2,2	85	Feb-Jul-Oct
Maní	30,66	2,7	130	Ene-Jul
Cultivos perennes	**776,30**	**68,9**		
Aguacate	74,33	6,6	365	Ene
Plátano; Banano	33,69	3,0	365	Ene
Maracuyá	101,05	9,0	365	Ene
Coco	49,54	4,4	365	Ene
Moringa	35,27	3,1	365	Ene
Pastos	83,20	7,4	37	Ene
Mango	30,16	2,7	365	Ene
Uva	71,84	6,4	365	Ene
Cítricos	67,80	6,0	365	Ene
Papaya	103,89	9,2	365	Ene
Guanábana	109,87	9,8	365	Ene
Tamarindo	15,67	1,4	365	Ene
Total	**1 126,19**	**100**		

Elaboración: El autor

6.3.2. Coeficiente de cultivo (Kc)

En la Tabla 18, se presenta los valores de Kc obtenidos de la FAO 56, se determinaron al realizar un promedio mensual para cada fase de desarrollo de los cultivos.

Tabla 18.

Valores de kc para patrón de cultivo propuesto

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Cultivos anuales												
Cebolla	1,00	1,00		0,77	0,99	1,00	1,00	1,00		0,77	0,99	1,00
Tomate	1,16	0,98		0,60	0,87	1,18	1,16	0,98		0,60	0,87	1,18
Melón	0,53	0,79	0,77	0,60	0,53	0,79	0,77	0,60	0,53	0,79	0,77	0,60
Sandia	0,69	0,97	0,81		0,69	0,97	0,81					
Camote	1,11	1,15	0,91	0,65			0,62	1,11	1,15	0,91	0,65	0,62
Frejol	0,49	1,02	1,15	0,47	0,85	1,14	0,70	0,65	1,11	0,95	0,49	1,02
Maíz		0,69	1,09	1,20	0,79	0,35	0,69	1,09	1,20	0,79	0,35	
Soya		0,74	1,15	0,89		0,74	1,15	0,89		0,74	1,15	0,89
Maní	0,45	0,91	1,15	1,03	0,66		0,45	0,91	1,15	1,03	0,66	

Cultivos perennes												
Aguacate	0,60	0,60	0,65	0,74	0,82	0,85	0,85	0,85	0,85	0,83	0,80	0,76
Plátano; Banano	1,00	1,00	1,00	1,00	1,06	1,16	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,18
Maracuyá	0,50	0,65	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,70	0,56
Coco	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Moringa	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Pastos	0,94	0,94	0,96	1,10	0,94	0,94	0,96	1,10	0,94	0,94	0,96	1,10
Mango	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Uva	0,35	0,70	0,85	0,85	0,85	0,85	0,80	0,74	0,67	0,61	0,55	0,48
Cítricos	0,70	0,70	0,69	0,67	0,66	0,65	0,65	0,65	0,65	0,66	0,68	0,69
Papaya	0,15	0,15	0,33	0,62	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	0,79	0,67
Guanábana	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Tamarindo	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Elaboración: El autor

6.3.3. Evapotranspiración de cultivo ETc

En la Tabla 19, se muestran los valores de ETc partiendo del producto entre la ETo y el coeficiente de cultivo (Kc), el cultivo que mayor evapotranspira es el cultivo de banano durante un año, con un total de 2 072 mm/año.

Tabla 19.

Evapotranspiración de cultivo (mm/mes)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Cultivos anuales													
Cebolla	157	157		115	145	146	147	149		126	162	161	**1466**
Tomate	182	153		90	128	173	171	146		98	144	191	**1476**
Melón	84	124	119	90	78	116	113	90	83	130	126	97	**1250**
Sandia	108	152	126		101	142	119						**748**
Camote	174	180	141	97			91	166	179	149	107	100	**1384**
Frejol	77	160	178	70	125	167	103	98	173	156	81	165	**1555**
Maíz		108	169	179	116	51	101	163	187	129	57		**1260**
Soya		117	178	132		109	170	132		122	189	143	**1292**
Maní	70	142	178	153	96		66	135	179	168	108		**1296**
Cultivos perennes													
Aguacate	94	94	101	110	120	124	125	127	133	135	131	123	**1418**
Plátano; Banano	157	157	155	149	156	170	177	179	187	197	197	191	**2072**
Maracuyá	78	102	116	112	110	110	111	112	117	123	115	90	**1296**
Coco	125	126	124	119	118	117	118	120	125	131	131	129	**1483**
Moringa	95	96	95	91	90	89	90	91	95	100	100	99	**1131**
Pastos	148	147	149	165	138	137	142	165	147	153	158	178	**1825**
Mango	95	96	95	91	90	89	90	91	95	100	100	99	**1131**
Uva	55	110	132	127	125	124	119	111	105	100	91	78	**1276**
Cítricos	110	110	107	101	96	95	96	97	101	108	111	112	**1244**
Papaya	23	24	51	92	132	146	147	149	156	151	130	108	**1311**

Guanábana	95	96	95	91	90	89	90	91	95	100	100	99	**1131**
Tamarindo	94	94	93	90	88	88	88	90	94	98	99	97	**1112**
Total	**2021**	**2544**	**2403**	**2264**	**2143**	**2280**	**2475**	**2503**	**2253**	**2576**	**2437**	**2259**	**28 157**

Elaboración: El autor

6.3.4. Necesidad de riego

En la Tabla 20, se presenta las necesidades hídricas de los cultivos resultado de la diferencia entre ETc y la precipitación efectiva. El cultivo que mayor necesidad hídrica presenta es el banano con 1 559 mm/año.

Tabla 20.

Necesidades de riego para los cultivos propuestos (mm/mes)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Cultivos anuales													
Cebolla	84	31		14	117	142	147	149		123	158	143	**1109**
Tomate	110	27			100	168	171	146		95	140	172	**1130**
Melón	11				50	111	113	90	82	127	123	78	**786**
Sandia	36	26			73	137	119						**391**
Camote	102	55					91	166	179	146	103	81	**922**
Frejol	5	35	22		97	163	103	98	173	153	78	146	**1071**
Maíz			13	78	88	47	101	163	186	126	54		**855**
Soya			22	31		104	169	132		119	185	124	**888**
Maní		16	22	52	68		65	135	179	165	104		**807**
Cultivos perennes													
Aguacate	22			9	92	120	125	127	132	132	127	104	**990**
Plátano; Banano	84	31		48	128	166	176	179	186	194	194	172	**1559**
Maracuyá	6			11	82	105	110	112	116	120	112	72	**846**
Coco	53			18	89	113	117	120	124	128	128	110	**1001**
Moringa	23				62	85	89	91	94	97	97	80	**718**
Pastos	75	21		63	110	132	141	165	146	150	154	159	**1318**
Mango	23				62	85	89	91	94	97	97	80	**718**
Uva				26	97	120	118	111	104	97	87	59	**819**
Cítricos	38				68	91	95	97	101	105	108	93	**795**
Papaya					104	142	147	149	155	148	127	89	**1062**
Guanábana	23				62	85	89	91	94	97	97	80	**718**
Tamarindo	22				60	83	88	90	93	95	95	78	**704**
Total	**719**	**242**	**79**	**351**	**1609**	**2198**	**2464**	**2502**	**2239**	**2517**	**2366**	**1922**	**19207**

Elaboración: El autor

6.3.5. Requerimientos de riego

En la Tabla 21, se muestra las áreas y requerimientos de los cultivos propuestos del mes de mayor demanda, estimando así el caudal continuo equivalente, con un total de 1 575 587,24 m^3. El cultivo que mayormente demanda agua es el cultivo de papaya con 161 193,79 m^3 para el área propuesta.

Tabla 21.

Requerimientos de riego para la propuesta de cultivos

Cultivo	Área (Ha)	Mes > demanda	RR (m^3)	Q. Cont. Equivalente (l/s)	Q. Continuo (l/s/ha)
Cultivos anuales	**349,89**		**584 998,56**	**224,24**	**5,74**
Cebolla	79,27	Nov	125 583,64	48,45	0,61
Tomate	41,60	Dic	71 564,85	26,72	0,64
Melón	35,67	Oct	45 272,27	16,90	0,47
Sandia	14,16	Jun	19 448,36	7,50	0,53
Camote	17,17	Sep	30 659,42	11,83	0,69
Frejol	49,88	Sep	86 103,05	33,22	0,67
Maíz	56,69	Sep	105 640,10	40,76	0,72
Soya	24,81	Nov	45 984,36	17,74	0,72
Maní	30,66	Sep	54 742,51	21,12	0,69
Cultivos perennes	**776,30**		**990 588,67**	**371,82**	**5,66**
Aguacate	74,33	Oct	98 316,18	36,71	0,49
Plátano; Banano	33,69	Oct	65 260,86	24,37	0,72
Maracuyá	101,05	Oct	121 226,13	45,26	0,45
Coco	49,54	Oct	63 495,04	23,71	0,48
Moringa	35,27	Oct	34 221,53	12,78	0,36
Pastos	83,20	Ago	137 053,97	51,17	0,62
Mango	30,16	Oct	29 256,80	10,92	0,36
Uva	71,84	Jun	86 101,81	33,22	0,46
Cítricos	67,80	Nov	72 922,45	28,13	0,41
Papaya	103,89	Sep	**161 193,79**	60,18	0,58
Guanábana	109,87	Oct	106 595,65	39,80	0,36
Tamarindo	15,67	Oct	14 944,47	5,58	0,36
Total	**1 126,19**		**1 575 587,24**	**596,06**	**11,39**

Elaboración: El autor

6.3.6. Propuesta de programación

En la Tabla 22, el área del sector 3 está constituida por 48 módulos de riego, con 21 cultivos, y con las respectivas propiedades físicas del suelo como densidad aparente, punto de marchitez permanente, que se tomaron de la Tabla 4. Los intervalos, láminas y tiempos de riego fueron determinados con estas propiedades físicas del suelo.

6.3.7. Módulos de riego

Se calculó los caudales para cada usuario; por ejemplo, para determinar los caudales en el módulo ZI-01, se partió del caudal continuo, descrito en la Tabla 23, el caudal característico se determinó de acuerdo a las eficiencias consideradas en el Anexo 7, el caudal modular es el

resultado del caudal característico por la superficie del módulo, y seguidamente se estableció el número de turnos por modulo y de acuerdo a la superficie del turno se determinó el caudal para cada usuario, el mismo procedimiento se lo realizó para el resto de módulos.

6.3.8. Turnos de riego

En la Tabla 24, se presenta los caudales ya obtenidos y, se realizó el calendario con respecto a las frecuencias y tiempos de riego para cada propietario del sector 3.

Tabla 22.

Determinación de láminas, frecuencias y tiempos del sector 3

Módulo	Cultivo	CC (%)	PMP (%)	Da (g/cm$^{3)}$	P. ef. (cm)	Vib (mm/hora)	P (decimal)	Ln (mm)	Ea (%)	Lb (mm)	Fr. de riego (días)	Tiempo de riego (horas)
ZI-01	Aguacate	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,5	13,2	50,0	26,3	3	3,6
ZI-02	Uva	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,4	9,2	85,0	10,8	2	1,5
ZI-03	Cebolla	19,0	11,0	1,3	54,0	11,5	0,4	20,2	85,0	23,8	3	2,1
ZI-04	Tomate	15,0	9,5	1,5	51,5	7,0	0,4	17,5	85,0	20,6	3	2,9
ZI-05	Melón	15,0	9,5	1,5	51,5	7,0	0,5	19,7	85,0	23,1	4	3,3
ZI-06	Guanábana	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,5	13,2	70,0	18,8	4	2,6
ZI-07	Maíz	14,0	9,0	1,1	54,0	6,2	0,6	16,1	70,0	23,1	2	3,7
ZI-08	Maíz	14,0	9,0	1,1	54,0	6,2	0,6	16,1	70,0	23,1	2	3,7
ZI-09	Sandia	30,5	16,5	1,5	36,0	27,5	0,4	30,8	85,0	36,2	6	1,3
ZI-11	Maíz	30,5	16,5	1,5	36,0	27,5	0,6	42,4	70,0	60,5	6	2,2
ZI-12	Cítricos	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,5	13,2	70,0	18,8	3	2,6
ZI-13	Maracuyá	20,0	10,5	1,6	30,0	6,2	0,4	15,9	50,0	31,9	4	5,1
ZI-14	Coco	20,0	10,5	1,6	30,0	6,2	0,6	25,1	50,0	50,1	6	8,0
ZI-15	Cebolla	15,0	9,5	1,5	51,5	7,0	0,4	15,3	85,0	18,0	2	2,6
ZI-16	Camote	15,0	9,5	1,5	51,5	7,0	0,7	28,4	85,0	33,4	4	4,8
ZI-17	Pastos	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,6	14,5	70,0	20,7	2	2,9
ZI-18	Pastos	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,6	14,5	70,0	20,7	2	2,9
ZI-19	Pastos	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,6	14,5	70,0	20,7	2	2,9
ZI-20	Mango	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,4	10,5	50,0	21,1	3	2,9
ZI-21	Aguacate	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,5	13,2	50,0	26,3	3	3,6
ZI-22	Frejol	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,5	11,8	50,0	23,7	2	3,3
ZI-23	Maracuyá	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,4	9,2	50,0	18,4	2	2,5
ZI-24	Moringa	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,4	10,5	70,0	15,0	3	2,1
ZI-25	Cítricos	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,5	13,2	70,0	18,8	3	2,6
ZI-26	Guanábana	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,5	13,2	70,0	18,8	4	2,6

ZI-27	Papaya	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,4	10,5	85,0	12,4	2	1,7
ZI-28	Frejol	20,0	11,0	1,4	36,0	7,7	0,5	20,5	50,0	41,1	3	5,3
ZI-29	Tamarindo	20,0	11,0	1,4	36,0	7,7	0,4	18,2	70,0	26,1	5	3,4
ZI-30	Maní	21,0	11,0	1,4	43,0	8,7	0,5	29,6	85,0	34,8	4	4,0
ZI-31	Maracuyá	20,0	11,0	1,4	36,0	7,7	0,4	16,0	50,0	31,9	4	4,1
ZI-32	Papaya	20,0	11,0	1,4	36,0	7,7	0,4	18,2	85,0	21,5	3	2,8
ZI-33	Banano	21,0	11,0	1,4	43,0	8,7	0,4	20,7	70,0	29,6	3	3,4
ZI-34	Maracuyá	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,4	9,2	50,0	18,4	2	2,5
ZI-35	Coco	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,6	14,5	50,0	29,0	3	4,0
ZI-36	Guanábana	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,5	13,2	70,0	18,8	4	2,6
ZI-37	Aguacate	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,5	13,2	50,0	26,3	3	3,6
ZI-38	Papaya	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,4	10,5	85,0	12,4	2	1,7
ZI-39	Soya	21,0	11,0	1,4	43,0	8,7	0,5	29,6	85,0	34,8	4	4,0
ZI-40	Uva	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,4	9,2	85,0	10,8	2	1,5
ZI-41	Mango	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,4	10,5	50,0	21,1	3	2,9
ZI-42	Cítricos	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,5	13,2	70,0	18,8	3	2,6
ZI-44	Uva	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,4	9,2	85,0	10,8	2	1,5
ZI-45	Moringa	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,4	10,5	70,0	15,0	3	2,1
ZI-46	Aguacate	19,0	11,0	1,3	54,0	11,5	0,5	28,9	50,0	57,8	6	5,0
ZI-47	Tamarindo	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,4	10,5	70,0	15,0	3	2,1
ZI-48	Cebolla	18,5	9,5	1,4	88,0	16,7	0,4	38,1	85,0	44,8	7	2,7
ZI-50	Pastos	15,0	8,5	1,5	26,5	7,2	0,6	14,5	70,0	20,7	2	2,9
ZI-51	Maíz	18,5	9,5	1,4	88,0	16,7	0,6	59,8	70,0	85,4	9	5,1

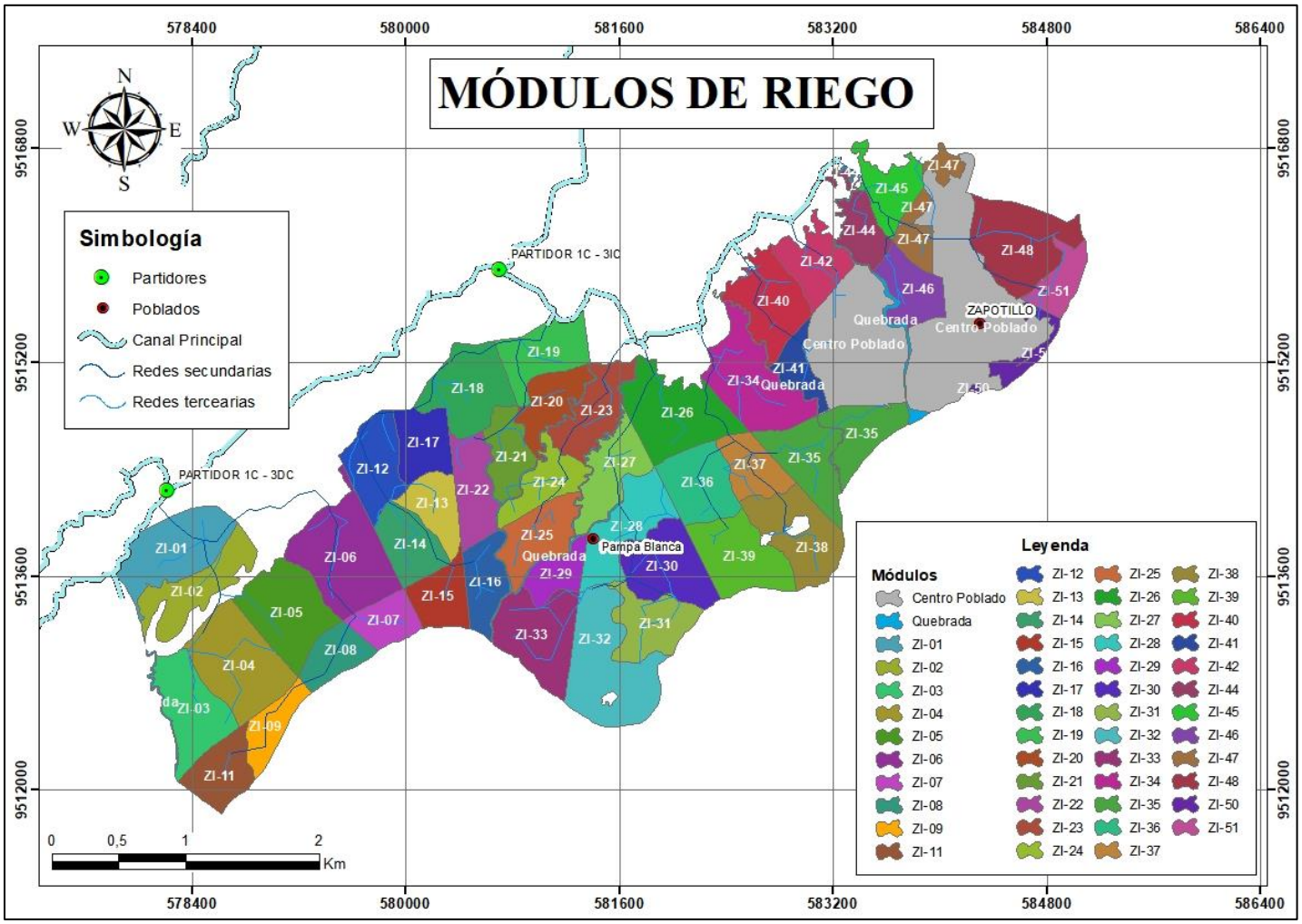
Tabla 23.

Usuarios de los módulos del ZI-01 al ZI-05 del sector 3

MÓDULOS	PROPIETARIO	Área	Cultivo	q continuo (l/s/ha)	qc (l/s/ha)	Área Mod. (ha)	Q. modulo (l/s)	Turno	Q Turno (l/s)
	LUTGARDA FREDESMINDA GRANDA	10,65							11,69
ZI-01	WILMER ALFREDO GRANDA GRANDA	0,49	Aguacate	0,49	1,10	31,34	34,39	1	0,54
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	20,20							22,17
	LUTGARDA FREDESMINDA GRANDA	6,96							4,21
ZI-02	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	19,03	Uva	0,46	0,60	26,41	15,96	2	11,50
	WILMER ALFREDO GRANDA GRANDA	0,41							0,25
ZI-03	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	25,77	Cebolla	0,61	0,80	27,00	21,57	3	20,59
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	1,22							0,98
ZI-04	LUTGARDA FREDESMINDA GRANDA	1,38	Tomate	0,64	0,84	41,60	34,93	4	1,16
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	40,22							33,77
	LUTGARDA FREDESMINDA GRANDA	18,35							11,37
ZI-05	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	5,84	Melón	0,47	0,62	35,67	22,10	5	3,62
	NORBERTO CAMPOS ROGEL	0,004							0,003
	WILMER ALFREDO GRANDA GRANDA	11,46							7,10

Figura 16.

Módulos de riego (sector 3)



Fuente: Gobierno Provincial de Loja (2020). Estudios y diseños para actualización catastral e hidráulica, potencialización y redefinición de la operación del sistema de riego Zapotillo.

Tabla 24.

Turnos de riego de los módulos del ZI-01 al ZI-05 del sector 3

MÓDULOS	PROPIETARIO	Área	Q Turno (l/s)	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
ZI-01	LUTGARDA FREDESMINDA GRANDA	10,65	11,69	6h00-9h37						
	WILMER ALFREDO GRANDA GRANDA	0,49	0,54	6h00-9h37						
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	20,20	22,17	6h00-9h37						
ZI-02	LUTGARDA FREDESMINDA GRANDA	6,96	4,21	9h37-11h07						
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	19,03	11,50	9h37-11h07						
	WILMER ALFREDO GRANDA GRANDA	0,41	0,25	9h37-11h07						
ZI-03	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	25,77	20,59	11h07-13h11						
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	1,22	0,98	11h07-13h11						
ZI-04	LUTGARDA FREDESMINDA GRANDA	1,38	1,16	13h11-16h08						
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	40,22	33,77	13h11-16h08						
ZI-05	LUTGARDA FREDESMINDA GRANDA	18,35	11,37	16h08-19h26						
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	5,84	3,62	16h08-19h26						
	NORBERTO CAMPOS ROGEL	0,004	0,003	16h08-19h26						
	WILMER ALFREDO GRANDA GRANDA	11,46	7,10	16h08-19h26						

7. Discusión

7.1. Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) a través de métodos empíricos y semi - empíricos

7.1.1. Catastro del sistema de riego Zapotillo

Según los resultados del uso de suelo presentados en la Tabla 5, el área total del sistema de riego es de 12 135,90 ha de las cuales el bosque seco matorral representa un 60,6 % siendo las áreas más grandes, sin embargo, el 41,28 % es área regable dentro del bosque seco matorral, mientras que en la actualidad los cultivos representan el 33,61 % del área total y el 0,01 % es de pastos. Por lo tanto, el área productiva es de 9 090 ha que corresponde al 74,90 % del área total. Según el Gobierno Provincial de Loja (2020) en el estudio de actualización catastral del sistema de riego Zapotillo, determina que 7 887 ha que corresponde al 64,9 % son netas para riego, debido que alrededor de 1 203 ha pertenecen a áreas de conservación del bosque seco, esto indica que no puede ser intervenidas para fines agrícolas.

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (s. f.) el sistema ha sido diseñado para regar 7 887 ha, y actualmente riega 3 561,6 ha según la presente investigación, se observa en la Tabla 7 que los cultivos representan un 45,2 % del área regable, y además los cultivos anuales superan a los cultivos perennes en un 67,4 %, sin tener control de los cultivos en áreas donde algunos no corresponden, es decir, en el manejo de los cultivos se evidencia la poco planificación, esto debido a que no se cumple o se respeta el área destinada para cultivos perennes y anuales, por lo que existe una diversificación de cultivos para los cuales la dotación de agua ha sido para otros. Se debe tomar en cuenta que los cultivos deben de ser establecidos según las características del suelo, calendario de siembra y ciclo del cultivo, ocupando las áreas con el uso adecuado para que no exista un desequilibrio de la producción, cuando los agricultores siembran los mismos cultivos en áreas donde no son aptos (López y Vega, 2004).

7.1.2. Precipitación media de la zona de riego

En el cantón Zapotillo siempre ha existido escasez del recurso hídrico para los cultivos, por esta razón fue propuesta la construcción del canal de riego para dar solución a este problema. Según los datos registrados de la estación Zapotillo, y tomando en cuenta que es la única estación con datos pluviométricos completos que permite conocer cuál es la oferta de agua en la zona de riego, se corrobora que la mayor parte del año no existen precipitaciones que abastezcan las necesidades hídricas de los cultivos. En la zona de riego la precipitación promedio es de 759,2

mm/año, de los cuales el 95,84 % (727,6 mm) se presentan en el periodo comprendido entre enero y mayo, con el valor mayor de 313,3 mm en el mes de marzo, mientras que en el periodo de junio a diciembre las precipitaciones son de 31,6 mm, lo que representa el 4,16 % del total anual, señalando el valor mínimo en agosto con 0,1 mm, es decir que en el periodo de secano el descenso en las precipitaciones es del 95,7 % (696 mm menos que en el periodo invernal). En el conjunto de datos existen periodos marcados con respecto a las precipitaciones altas anuales, estimando de 10 a 15 años eventualidades que representan una gran caída de agua en zona de estudio superando a la media, así mismo para las precipitaciones menores, la tendencia es de 3 a 5 años donde las lluvias son menores a la media, alcanzando los valores mínimos.

Como se muestra en la Tabla 8, sobre las estadísticas de precipitación, en el año 1968 se presentaron las menores precipitaciones del conjunto de datos con 16,6 mm/año, esto como consecuencia del fenómeno de la sequía como lo menciona el Ministerio del Ambiente y Agua (MAAE, 2021). Debido a este fenómeno en la provincia de Loja provocó un gran movimiento migratorio hacia el resto del país, y estimando perdidas en la producción agrícola del 68 % en este mismo año, y según Valencia (2010), en el cantón Zapotillo se reflejó la misma situación para los pobladores en sus cosechas; por otro lado, en el año de 1983 se presentaron las mayores precipitaciones con 3 315 mm/año, existiendo una gran variación de la precipitación en la zona de estudio, las fuertes precipitaciones como lo menciona Amaya et al., (2019) se llegan a incrementar por eventos climáticos como lo es el Fenómeno del Niño. De la misma manera, la Corporación Andina de Fomento (CAF, 1997) en su estudio corrobora que en los años de 1982 a 1983 califica al evento como extremadamente fuerte, además, se menciona que los eventos Niño no ocurren con una periodicidad determinada, pudiendo tener una amplitud de ocurrencia de 1 a 6 años como máximo.

7.1.3. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)

De acuerdo a la Tabla 9, la evapotranspiración del cultivo de referencia, estimada para la zona de riego, presenta valores máximos de 5,3 mm/día para los meses de octubre y noviembre respectivamente, mientras que la mínima se presenta en mayo y junio con 4,7 mm/día.

Según Luna (2017), estos valores son afectados debido a la variación de la humedad atmosférica, mientras mayor sea la humedad relativa, la atmósfera tiene menor poder evapotranspirante debido a la saturación de vapor de agua, y si es menor la humedad relativa la evapotranspiración será mayor. Otro elemento meteorológico importante que tiene mucha

influencia en la evapotranspiración del cultivo de referencia es el viento, que actúa reduciendo o aumentando la tasa de evaporación y la transpiración. El promedio de ETo en el lugar es de 5 mm/día teniendo un valor alto en comparación a otros sitios o estaciones de la provincia de Loja. En el estudio realizado por el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE,2013). Las estaciones de Yangana, Quinara y Vilcabamba no superan una ETo de 2,9 mm/día, debido que el clima es subtropical con temperaturas promedio de 20 °C, mientras que, en la zona de estudio el clima es tropical seco que estimula en mayor cantidad despedir el agua a la atmosfera, con temperaturas promedio de 24,2 °C. Así mismo, Cárdenas (2021), obtiene como resultado la ETo promedio en la estación Zapotillo de 6 mm/día, aplicando el método de Hargreaves. Sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación han sido recopilados de CHELSA que aplica el método (Penman – Monteith) más efectivo y recomendado por la FAO (2006), además de promediar con el valor obtenido por el método (Blaney - Criddle) mejor aplicable a la zona de estudio por su clima.

7.2. Determinación de la evapotranspiración de cultivo (ETc) y los requerimientos de agua para el patrón de cultivos seleccionado de la zona.

7.2.1. Patrón de cultivos

En la Tabla 10, se identificó el patrón de cultivos actual de acuerdo con la información compartida por los agricultores y la junta, dando como resultado actualmente 20 cultivos presentes en todo el sistema de riego. Entre los cultivos más importantes se encuentra el maíz con un 29,7 % y el arroz con un 38,7 %. Con respecto al cultivo de arroz, las áreas donde se encuentra, no son aptas según el estudio de uso de suelos, además de ser un cultivo que demanda cantidades elevadas de agua. La producción de este cultivo está fijada para la serie de suelo la Ceiba y Zapote donde existen las condiciones ideales de suelo para su ciclo. Según la SENAGUA (2019), el patrón de cultivos a fomentar debe garantizar la soberanía alimentaria de la población local y cubrir la demanda externa de los productos agrícolas respetando el uso del suelo, es decir, ubicando los cultivos donde las condiciones del suelo, permitan al cultivo desarrollarse de la mejor manera. Veliz (2015), menciona que ha existido un incremento del área de los cultivos en las parroquias donde el sistema de riego Zapotillo tiene influencia: en la parroquia Paletillas con el 16,63 % seguido por las parroquias Zapotillo con 9,75 %, Garzareal en 6,70 % y Limones con el 2,25 %, sin embargo, los cultivos se establecían sin una programación, y como consecuencia, el patrón de cultivos no tiene diversificación, incrementando áreas de cultivos que responden de mejor manera económicamente para los agricultores (Quille y Ojeda, 2018).

7.2.2. Coeficiente del cultivo Kc

En la Tabla 11, se presentan los cultivos que tienen valores de Kc más representativos en la mayor parte de sus etapas de desarrollo como: el arroz, banano y maíz con valores altos en el promedio mensual, debido que estos cultivos permanecen en constante producción con espaciamiento estrechos y principalmente son cultivos de alta demanda hídrica para su desarrollo, mientras los frutales representan valores más bajos, debido que las hojas en los frutales tienen estomas solo en la parte inferior, disminuyendo el efecto de transpiración, y de igual manera, cuando estos son arboles completamente desarrollados y cubren el suelo en un 70 % puede causar que los valores de Kc sean menores a uno, disminuyendo el efecto de la evaporación del agua en el suelo (FAO,2006). Mientras la ETo es un indicador de la demanda climática, el valor de Kc varía principalmente en función de las características específicas del cultivo como la: anatómica, morfológicas y fisiología de las plantas y ligeramente en función del clima, también depende de la capacidad de la planta de extraer agua del suelo según, su estado de desarrollo vegetativo (Valverde, 2000) citado por (Herrera y Ruiz, 2012).

7.2.3. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Los valores de ETc son resultado del producto de Kc con la ETo, es por ello, que el Kc del cultivo tiene gran influencia y determina la cantidad de agua despedida a la atmósfera en relación con las etapas de desarrollo de los cultivos y de la evapotranspiración del cultivo de referencia de la zona de riego. El banano es el cultivo que mayor pérdida de agua presenta con 2 072 mm/año. Como se observa en la Tabla 12, los meses de mayor demanda de agua empieza desde julio hasta diciembre, debido a la ausencia de lluvias y de las temperaturas elevadas. En un estudio realizado por Toro et al. (2016), menciona que los valores de evapotranspiración promedio mensual diaria del banano es de 5,3 a 5,8 mm/día en una zona donde se presenta un clima subtrópico, mientras que en el presente estudio se da un promedio mensual diario para el cultivo de banano de 4,4 a 6,2 mm/día en un clima tropical seco, como se mencionaba la influencia de la ETo interviene directamente en estos resultados, sin tomar en cuenta el valor de Kc ya que se compara al mismo cultivo pero en diferentes zonas, por lo tanto, el rango de valores más extremos corresponden al cultivo de banano localizado en el sistema de riego Zapotillo.

7.2.4. Requerimientos de riego

Según la Tabla 14, se consideró la oferta y la demanda de agua en la zona de riego que está dada por la lluvia y la evapotranspiración de los cultivos, retirando la oferta de la demanda, se

obtiene el valor de los requerimientos netos de los cultivos. Los requerimientos más bajos de agua son en la temporada comprendida entre los meses de enero a abril, estas son cubiertas parcialmente por las lluvias.

En la Tabla 15, se presenta los requerimientos para cada sector, dando como total de 37,5 hm^3 y con una eficiencia de aplicación del 50 % se necesita 75,02 hm^3. Tomando en cuenta el mes de mayor requerimiento hídrico, el mes de agosto con un volumen de 5,52 hm^3/mes se estima como caudal continuo equivalente 2 062,44 l/s o, caudal continuo de 0,58 l/s/ha. Por otro lado, se toma en cuenta una eficiencia de conducción del 90 % que se puede dar por una pérdida de conducción del 10 % por filtración en el hormigón, compuertas, etc., y de igual manera la eficiencia de aplicación, para los tres métodos, gravedad (50 %), aspersión (70 %) y, goteo (85%). Con el caudal continuo y la eficiencia de riego se obtiene el caudal característico determinando los siguientes valores respectivamente 1,29, 0,92 y 0,76 l/s/ha; con estos caudales y considerando las 3 561,6 ha que son regadas, se estima el caudal de diseño de 4 583,2; 3 273,7 y 2 696 l/s.

Con respecto a la oferta que llega al canal, el sistema de riego cuenta con un caudal concesionado por SENAGUA de 7,88 m^3/s para regar 7 887 ha, determinando un caudal característico de 1 l/s/ha. Actualmente el área que se encuentra regada representa el 45,2 % sin cumplir con lo diseñado. Sin embargo, según Ramón et al. (2016), en unos estudios de aforos realizados en el rio Catamayo, sector Vicin, lugar de ubicación de la bocatoma. Desde 1993 en época de estiaje en el río Catamayo se registran caudales menores a 10 m^3/s, llegando a valores de hasta 4,56 m^3/s (1995-08-16), 5,04 m^3/s (1995-10-17), 5,26 m^3/s (1996-11-27), 5,68 m^3/s (1997-09-23), 5,22 m^3/s (1998-12-10). Teniendo en cuenta que el canal fue construido para transportar 9,20 m3/s, en ciertos días de los meses de estiaje toma alrededor del 40 % de su capacidad de diseño, lo que significa que en la cuenca del Rio Catamayo a la altura de la captación del canal de riego no dispone del caudal de diseño en las temporadas o periodos de estiaje debido a factores como la mala gestión de los recursos hídricos en la cuenca proveedora del agua.

7.3. Elaboración de una propuesta preliminar de programación de riego, en base al patrón de cultivos proyectado

Se realizó la programación para el sector 3 con el objetivo de ejemplificar la programación para el resto de los sectores de todo el sistema de riego Zapotillo.

7.3.1. Selección del patrón de cultivos

Según lo recomendado por Luna (2017), el patrón de cultivo proyectado se estableció tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- La experiencia y las tradiciones de los agricultores locales que cultivan cultivos específicos.
- Entrevistas con los usuarios y equipo administrativo de la junta de riego.
- Posibilidades y limitaciones de los suelos que se encuentran bajo la influencia de los sistemas de riego.
- ¿Qué cultivos y métodos de riego responden mejor a las clases agrologicas?
- Los cultivos que más superficie representan en el sector.

7.3.2. Requerimientos de riego

Se observa en la Tabla 20 que los meses de mayor demanda coinciden cuando hay ausencia de precipitaciones, de igual manera, el área de cultivo propuesto es una influencia en los requerimientos. Los cultivos se dividen en anuales y perennes, y es notable que los cultivos perennes sobrepasen en un 171,95 % a los anuales, esto se debe al momento de seleccionar el patrón de cultivos según las clases agroecológicas, los suelos aceptan de mejor manera este tipo de cultivos. Según la Tabla 21, el caudal continuo de los cultivos de: maíz, soya y banano son los que más necesitan de riego con 0,72 l/s/ha sin considerar la eficiencia de conducción y aplicación. El maíz al ser un cultivo que genera un aporte considerable en la economía de los productores, o ya sea por tradición, es de mucha relevancia en el patrón de cultivos (Ortega, 2015).

Se calculó un caudal continuo promedio de 0,54 l/s/ha para las 1 126,19 ha de área regable del sector 3, por lo tanto, en la red 3 – IC, se debe ingresar el caudal de 611 l/s para lograr regar todo el sector. Según la Junta General de Usuarios, actualmente el caudal que ingresa a la red es de 400 l/s como máximo, que permite irrigar 737,27 ha, lo que indica que se necesita alrededor de 211 l/s más para lograr cumplir con el área regable del sector 3. Según la investigación realizada por Luna (2017) en el sistema la Era, obtiene como resultado un promedio de caudal continuo de 0,44 l/s/ha, mientras en el presente estudio este valor es mayor. Esto se debe principalmente a los factores climáticos que se presentan en cada zona, y son integrados o representados por la ETo, ya que en la Era la evapotranspiración calcula fue de 4, 3 mm/día en promedio, mientras que para el presente estudio es de 5 mm/día.

7.3.3. Programación de riego

Para la propuesta de programación se utilizó los 48 módulos de riego identificados en área de riego, se propuso una variedad de cultivos con la finalidad de diversificar la producción en el sector 3. En la Tabla 22, se observa el resultado del cálculo de las láminas neta y bruta, frecuencias y tiempo de riego, obteniendo la frecuencia más alta para el cultivo de maíz en el módulo ZI-51 con 9 días y un tiempo de 5,1 horas de riego, y la frecuencia más baja es de 2 días. El tiempo de riego depende directamente de la velocidad del agua al infiltrarse según el tipo de suelo. Según Fernández et al. (2015), consideran que la programación de riego se puede hacer a partir de medidas de agua en el suelo, en el aire, o en la planta, considerando el método del coeficiente del cultivo que se basa en medidas meteorológicas, y también de métodos de medida en la planta, que permite usar a la planta como un biosensor, sin embargo, en la presente investigación se utilizó el método de medida de agua en el suelo, porque se contaba con los datos de cada serie de suelos identificados en la zona de estudio en conjunto con los módulos de riego diseñados para cada sector del sistema de riego Zapotillo.

7.3.4. Turnos de riego

Los turnos de riego se organizaron en orden numérico de los módulos, como se muestra en la Tabla 24, se obtuvo como resultado para el día lunes desde las 6:00 am, corresponden a los módulos del ZI-01 al ZI-06 hasta las 22:00 pm, mientras que, para los módulos del ZI-07 al ZI-12 se regará el día martes desde las 6:00 am hasta las 19:30 pm. Según Zhindón (2010) en el sistema de riego Cachiguzo existen los turnos de riego, pero las organizaciones no los aplican debido a desconocimiento y que los usuarios no regaban con frecuencia, esto ha representado un problema en los sistemas de riego del país, donde la desorganización lleva al termino de no ocupar estas infraestructuras de alta inversión (Clavijo et al., 2002). Este no es el caso del sistema de riego Zapotillo ya que la gran parte de los usuarios tienen cosechas periódicas, demostrando ser un cantón dedicado a la producción para la soberanía alimentaria. Sin embargo, actualmente no se riega el área en su totalidad y el caudal que ingresa al sistema en los meses donde la cuenca cumple o supera el caudal de diseño, no existe la necesidad de distribuir el agua, pero en tiempos de estiaje y a medida que incremente las áreas de riego la distribución del agua cada vez será un inconveniente, donde la mejor solución será racionar el agua por tunos a cada usuario según los requerimientos de los cultivos como lo muestra el presente estudio.

8. Conclusiones

- La evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), determinada por los métodos de Penman Monteith y Blaney-Cridle, presenta, una máxima en el mes de octubre de 5,3 mm/día y una mínima en el mes de junio con 4,7 mm/día, estos valores son relativamente altos debido que el clima del sistema de riego es tropical seco con temperaturas promedio de 24,2 °C.
- Los valores máximos de la Evapotranspiración del cultivo (ETc) en el área de estudio sobrepasan los 6 mm/día para los meses de agosto y noviembre, siendo los meses de menor precipitaciones. Mientras tanto, los valores mínimos se aproximan a 5 mm/día, coincidiendo con los meses de febrero, mayo y junio que son los de mayores precipitaciones.
- El volumen anual estimado, para regar un área de 3 561,60 ha, con una eficiencia de aplicación del 50 % para el patrón de cultivos identificado es de 75,02 hm^3.
- La propuesta de programación de riego planteada permitirá a los usuarios del sector 3 del sistema de riego Zapotillo, operar y ejemplificar el riego de manera técnica, mediante horarios de riego establecidos en el calendario, con el fin de aprovechar de mejor manera el recurso hídrico, y entregarle al cultivo la cantidad adecuada de agua, para su óptimo desarrollo.
- Actualmente el caudal que ingresa en la red 3 – IC, es de 400 l/s, con este caudal se puede llegar a regar 737,27 ha para el patrón de cultivos propuesto del sector 3. Así mismo, el caudal continúo promedio es de 0,54 l/s/ha, y para llegar a cumplir con el área regable (1 126,19 ha) se necesita el ingreso a la red de 611 l/s.
- Regando de acuerdo a las necesidades del cultivo se puede optimizar el uso del agua y ampliar el área de riego respetando los caudales disponibles de la cuenca abastecedora, y darle el uso pertinente al sistema de riego Zapotillo por el cual a sido implementado.

9. Recomendaciones

- Rehabilitar las estaciones circundantes al sistema, ya que no existen estaciones meteorológicas que estén brindando información, más aún en este sitio ya que cuenta con una gran variedad de cultivos, y una gran infraestructura para su aprovechamiento.
- Implementar lisímetros para los cultivos de importancia como el arroz o maíz para obtener valores de Kc de los cultivos específicamente de la zona de riego para estimar los requerimientos hídricos con mayor exactitud.
- Realizar un estudio hidrológico en la cuenca Catamayo aportadora del canal de riego, para estimar de mejor manera la oferta y demanda del sistema de riego Zapotillo.
- Extender el área de riego e implementar diversos cultivos que se den en la región y zonificar por cada tipo de cultivo de manera que ayude y se facilite las labores de riego.
- Contribuir al manejo y cuidado de la cuenca Catamayo, con programas de concientización ambiental protegiendo los caudales y asegurando el recurso hídrico para el área regable.
- Realizar la programación de riego general en el sistema de riego, a fin de optimizar el recurso hídrico regulando las entregas y cobros de agua en cada junta sectorial del sistema.

10. Bibliografía

Amaya, L., Montalvo, C., & Rivas, S. (2019). *Análisis de las variaciones anuales de la precipitación en la zona comprendida entre los municipios de Guadalupe y de San Vicente, El Salvador C.A.* [tesis de grado, Universidad de El Salvador] Repositorio de la Universidad de El Salvador. https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19597/1/tesis%20final.pdf

Andrango, P., Ortiz, R., & Cuaspa, Y. (2019). *Distribución de caudales de riego para las comunidades de la UCICMA - Imbabura.* http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2477-88502019000200037&script=sci_arttext

Annan, K. (2015). *Agua fuente de vida*. Un Water, New York. Organización de la Naciones Unidas ONU-AGUA.

Anwar, S. (2019, marzo 14). *Cropping Patterns and Cropping Systems in India.* Jagranjosh.Com. https://www.jagranjosh.com/general-knowledge/cropping-patterns-and-cropping-systems-in-india-1517395777-1

Apollin, F., & Eberhart, C. (1998). *Metodologías de análisis y diagnóstico de sistemas de Riego Campesino.* CAMAREN.

CAF. (1997). *El fenómeno el Niño 1997—1998.* Memoria, retos y soluciones: Vol. IV: Ecuador. Corporación Andina de Fomento.

Campus FCA-UNC. (2020). *Instrumental para medir Evaporación y Evapotranspiración.* Facultad de Ciencias Agropecuarias. [Universidad Nacional de Córdoba]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=5shEeugWzPo.

Cárdenas, M. (2021). *Evaluación de la evapotranspiración de productos satelitales en la zona sur del Ecuador, 1990-2013.* [tesis de grado, Universidad Técnica de Machala]

Carrazón, J. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). https://www.fao.org/3/at787s/at787s.pdf

Cebrian, J. A. (1998). *Sistemas de Información Geográfica,* Aplicaciones de la Informática a la Geografía y a las Ciencias Sociales, Síntesis, Madrid, pp. 125—140.

CHELSA - CLIMATE. (s. f.). *Datos climáticos gratuitos en alta resolución* [Org]. Chelsa. https://chelsa-climate.org/

Ciancaglini, N. (2015). *Manual de capacitación: Riego superficial* (Rivadavia: Paz, Marta Laura). https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_superficial.pdf

CISPDR. (2016). *Plan Hidráulico Regional de la Demarcación Hidrográfica Puyango-Catamayo.* Changjiang Institute of Survey Planning Design and Research.

Clavijo, W., Montalvo, L., Zapatta, A., Casanova, R., & Quinde, F. (2002). *Administración, operación y mantenimiento del sistema de riego.*

Corrales, R. (2020). *Metodología para la distribución de agua en distritos de riego.* https://www.bivica.org/files/5697_3%20Metodolog%C3%ADa%20para%20la%20Distribuci%C3%B3n%20de%20Agua%20en%20Distritos%20de%20Riego.pdf

Cuenca, A. (2015). *Análisis de la disponibilidad hídrica de la cuenca del río Catamayo, hasta la estación en Pte.Vicin, con fines de aprovechamiento y conservación.* [tesis de grado, Universidad Nacional de Loja].

Dastane, N. (1978). *Effective rainfall in irrigated agriculture.* FAO irrigation and Drainage paper 25, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 68.

Demin, P. (2014). *Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego Pablo E. Demin Métodos de riego: Fundamentos, usos y adaptaciones* (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf

FAO. (1997). *Requerimientos de agua para riego* (Capítulo 2, parte 623. Manual Nacional de Ingeniería). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* (Estudio FAO Riego y Drenaje N°56). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf

Fernández, D., Martínez, M., Tavarez, C., Castillo, R., & Salas, R. (2010). *Estimación de las demandas de consumo de agua.* https://librosagronomicos.blogspot.com/2018/02/estimacion-de-las-demandas-de-consuma.html

Fernández, J., Romero, R., Pérez, A., & Cuevas, V. (2015). *Estrategias y programación del riego.* Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Fernández, R. (2010). *Manual de riego para agricultores: Módulo 3. Riego por aspersión.* Consejería de Agricultura y Pesca. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160240Riego_por_aspersixn.pdf

Flórez, N., Zution, I., Rodrigues, D., Agnellos, A., Ponciano, F., Diego, M., & Eiji, E. (2013). *Eficiencia de aplicación de agua en la superficie y en el perfil del suelo en un sistema de riego por aspersión.* Agrociencia, 47(2), 107-119.

Gaybor, A. (2018). *Análisis exploratorio hacia la comprensión de evolución tecnológica del riego en el Ecuador.* Revista Economía, 70(112), 33-51.

Gobierno Provincial de Loja. (2020). *Estudios y diseños para la actualización catastral e hidráulica, potencialización y redifinición de la operación del sistema de riego Zapotillo.* Austroriego.

González, F., Herrera, J., López, T., Cid, G., Dios, R., Hernández, M., Salazar, W., & Romero, A. (2015). *Uso de las Funciones Agua-Rendimiento y la productividad agronómica del agua en la planificación del agua en cultivos de importancia agrícola en Cuba.* 1, 95-114.

González, M., Saldarriaga, G. D. J., & Jaramillo, O. (2010). *Capítulo 5. Estimación de la demanda de agua. Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial.* http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP5.pdf

Guerra, M. (2009). *Manual de Diseño de Sistemas de Riego a Gravedad y por Aspersión* [tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito]. https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1003/1/91229.pdf

Guevara, J. (2006). *La fórmula de Penman-Monteith FAO 1998 para determinar la evapotranspiración de referencia, ETo.* Terra Nueva Etapa, vol. XXII, núm. 31, 2006, pp. 31-72.

Herrera, Y., & Ruiz, E. (2012). *Determinación de los coeficientes de cultivo Kc y rendimiento Ky en pipián (Cucúrbita Argyrosperma Huber) En la Hacienda las Mercedes, Managua. 2011* [tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. https://repositorio.una.edu.ni/2166/1/tnf01h565.pdf

IEE. (2013). *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25.000—Clima e hidrología.* Instituto Espacial Ecuatoriano.

INPROCONSULT Cía. Ltda. (1996). *Estudio edafológico para el área de riego del proyecto Zapotillo.* Subcomisiónecuatoriana PREDESUR.

Jaramillo, A. (2007). *Evapotranspiración de referencia en la región andina de Colombia.* https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/232/1/arc057%2804%29288-298.pdf

Jiménez, O. (2016). *Requerimientos de Riego de los cultivos.* https://www.hidraulicafacil.com/2016/11/requerimientos-de-riego-de-los-cultivos.html

Junta de riego Zapotillo. (2020). *Proyecto de Reforma al estatuto de la Junta General de Usuarios del Sistema de Riego Zapotillo—Socialización.* https://drive.google.com/file/u/1/d/1h0vGcEkHS7T0kLvMrH_tvpmzJo-wGBYP/view?usp=embed_facebook

Liotta, M. (2015). *Manual de capacitación: Riego por goteo.*

López, A., & Vega, I. (2004). *Cultivos de Cobertura para Sistemas de Cultivos Perennes.* [tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]

López, E., Posada, C., & Moreno, J. (1998). *Los Sistemas de Información Geográfica. I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía en el umbral del siglo XXI, Universidad de Sevilla.* Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. https://idus.us.es/handle/11441/40831

Luna, Á. (2017). *Planeación de los recursos hídricos con fines de riego, en el sistema la Era, utilizando los sistemas de información geográfica (SIG).* [tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]

MAAE. (2021). *Plan Nacional de Sequía*. Ministerio del Ambiente y Agua.

Maldonado, D. (2015). *Estudio técnico para la automatización de dos sectores del sistema de riego Campana Malacatos.* [tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11397/1/Maldonado%20Pineda%2c%20Diego%20Fernando.pdf

Maldonado, P. (2017). Análisis de la disponibilidad y demanda hídrica en el Sistema de Riego Paquishapa. [tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/19767

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (s. f.). *Sistema de Riego Zapotillo irrigará 7.887 hectáreas* [Gob.ec]. Agricultura. https://www.agricultura.gob.ec/sistema-de-riego-zapotillo-irrigara-7-887-hectareas/

Miranda, O. (1982). *Cuando y cuánto regar*. https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/26652

Murillo, E. (2020). *Diseño hidráulico y estructural del sistema de conducción (red primaria y secundaria) y reservorio para el proyecto de riego de la comuna de Talatac, Parroquia Zumbahua, Cotopaxi.* [tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].

NCGIA. (1990). *NCGIA Core Curriculum.* National Center for Geographic Information and Analysis Universidad de California.

Ojeda, W., Hernández, L., & Sánchez, I. (2008). *Manual para diseños de zonas de riego pequeñas* (Benjamín de León y Braulio Robles).

Ortega, S., & Acevedo, C. (1999). *Programación del riego en sistemas por surco y goteo. Comisión Nacional de Riego. Departamento de Proyectos* [Universidad de Talca]. https://snia.mop.gob.cl/repositoriodga/handle/20.500.13000/3247

Ortega, Y. (2015). *Vicisitudes y perspectivas de la producción de maíz duro en la revitalización económica de los productores del cantón Pindal* [tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio de la Universidad Nacional de Loja. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/9921/1/Tesis%20Yofre%20Ortega.pdf

Palerm, J. (2020). *Caracterización de los módulos de los distritos de riego y presencia de organizaciones locales.* Región y sociedad, 32. https://doi.org/10.22198/rys2020/32/1335

Panamito, Lady. (2022). *Análisis entre la oferta y demanda de agua, con fines de riego, en el canal alto de San Pedro de Vilcabamba, utilizando sistemas de información geográfica (SIG).* [tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]

Pupiales, I. (2019). *Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal "El Pueblo" del Sistema de Riego Tumbaco* [tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18512/1/T-UCE-0004-CAG-085.pdf

Quille, M., & Ojeda, J. (2018). *Caracterización y tipificación económica y social de las unidades productivas agropecuarias usuarias del canal de riego Zapotillo, provincia de Loja, 2017* [tesis de grado, Universidad Técnica Particular de Loja].

https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/21947/1/Quille%20Carpio%2C%20Mirian%20Elizabeth%20y%20Ojeda%20Correa%20Janela.pdf

Ramón, M., Hernández, F., & Sivisaca, L. (2016). *Cultura Hídrica y desarrollo rural de Zapotillo.*

Rendón, B. (2013). *La tecnificación del riego parcelario.* Foro de los Recursos Hídricos.

Roa, G. (2019). *Manual sistemas de riego y manejo hídrico de cultivos.* https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/32796/MANUAL.pdf?sequence=8&isAllowed=y

Salinas, R. (2018). *Diseño de un prototipo de sistema automatizado con arduino para riego en el cultivo de fresas* [tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/40625/1/TESIS%20SALINAS%20ARCOS%20RICARDO%20MIGUEL.pdf

Sánchez, & Carvacho. (2017). *Comparación de ecuaciones empíricas para el cálculo de la evapotranspiración de referencia en la región del libertador general Bernardo O´Higgins, Chile.* Revista de Geografía Norte Grande, 50, 171-186.

Sánchez, J. (1999). *Uso consuntivo del cultivo aguacate: Metodología Blaney y Criddle modificada relacionando fenología y precipitación*. Revista Chapingo serie horticultura 5., 201-207.

Sánchez, M., & Romero, A. (2005). *Estado actual de los métodos de estimación de la evapotranspiración. Aplicación a la cuenca del rio Quipar (Murcia).* Nimbus: revista de climatología, meteorología y paisaje. Número 15-16. http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/1400/sancheztoribio.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SENAGUA. (2019). *Plan Nacional de Riego y Drenaje 2019-2027.* Secretaria del Agua.

SEPOR. (2002). *Programación de riego en frambueso.* Servicio de Programación y Optimización del Uso de Agua de Riego.

Tayupanda, B. (2009). *Elaboración de una propuesta metodológica participativa para la tecnificación del riego parcelario en la zona de Ceceles.* [tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

Toro, A., Arteaga, R., Vázquez, A., & Ibáñez, A. (2016). *Requerimientos de riego y predicción del rendimiento en el cultivo de banano mediante un modelo de simulación en el Urabá antioqueño, Colombia.* [tesis de grado, Universidad Autónoma Chapingo, México].

Torres, M. (2014). *Evaluación de un sistema humedal construido – tanque regulador como sistema de aprovechamiento de aguas lluvias en el campus de la pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, con base en criterios hidrológicos e hidráulicos.* [Pontificia Universidad Javeriana. Departamento de Ingeniería maestría en Ingeniería Civil énfasis en hidráulica e hidrología].

Valencia, R. (2010). *Evaluación de la desertificación en el cantón Zapotillo, sus principales causas y efectos.* [tesis de grado, Universidad Nacional de Loja].

Valenzuela, K. (2018). *Comparación de métodos de programación de riego para el cultivo de Brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica).* [tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29254/1/Tesis-224%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20622.pdf

Valverde, J. (2000). *Riego y Drenaje*. [Universidad Estatal a Distancia, San José Costa Rica].

Veliz, F. (2015). *Análisis multi-temporal del cambio de uso de suelo en el cantón Zapotillo, provincia de Loja* [tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11321/1/Tesis_An%C3%A1lisis_Multitemporal_CUS-Z_Fredy_Veliz_R_04.02.2015.pdf

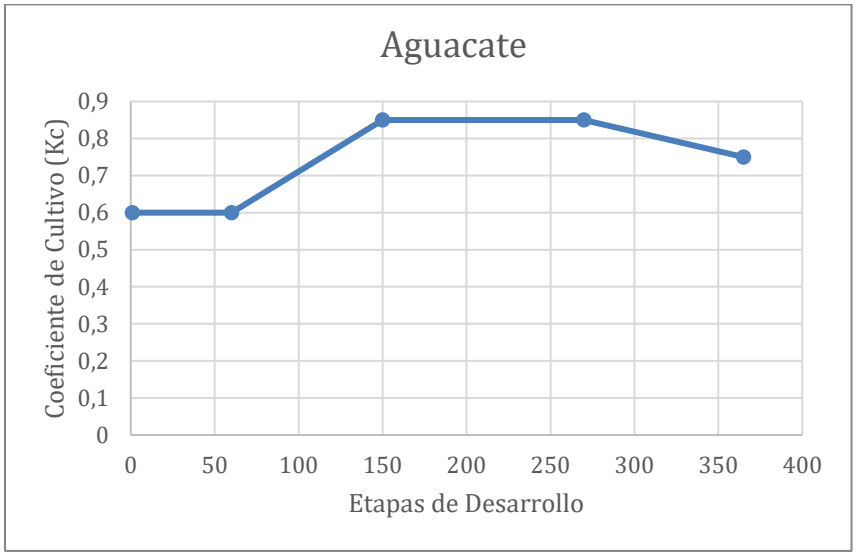
Villalobos, V. (2017). *El agua para la agricultura de las Américas* (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Fundación Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas). IICA.

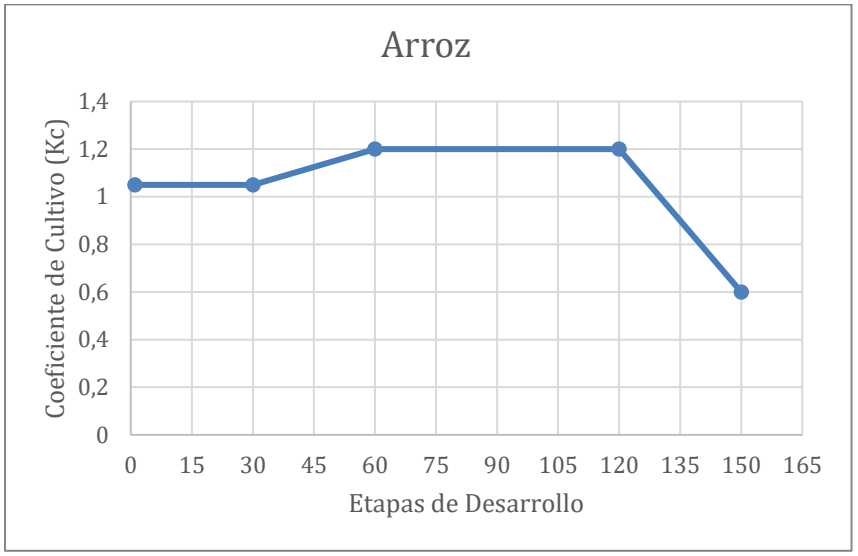
Villazón, J., Noris, P., & Gutiérrez, G. (2021). *Determinación de la precipitación efectiva en áreas agropecuarias de la provincia de Holguín.* 39(2), 85-90.

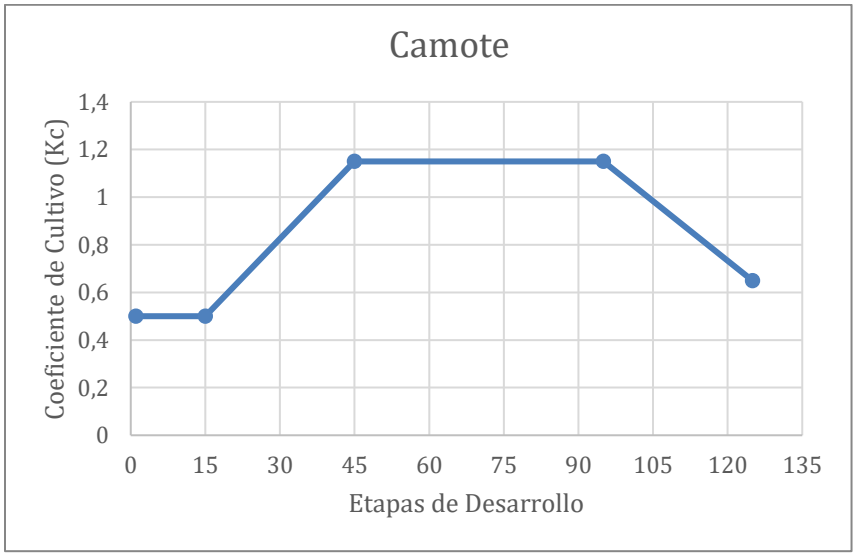
Zhindón, F. (2010). *Propuesta de administración, operación, mantenimiento y protección del sistema de riego Cachiguzo para la gestión integrada del recurso agua* [tesis de grado, Universidad de Cuenca]. http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3038

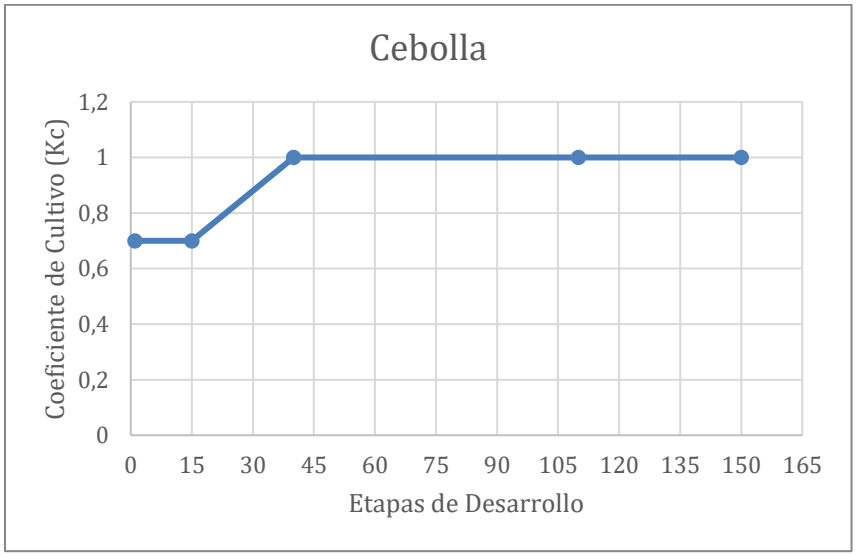
11. Anexos

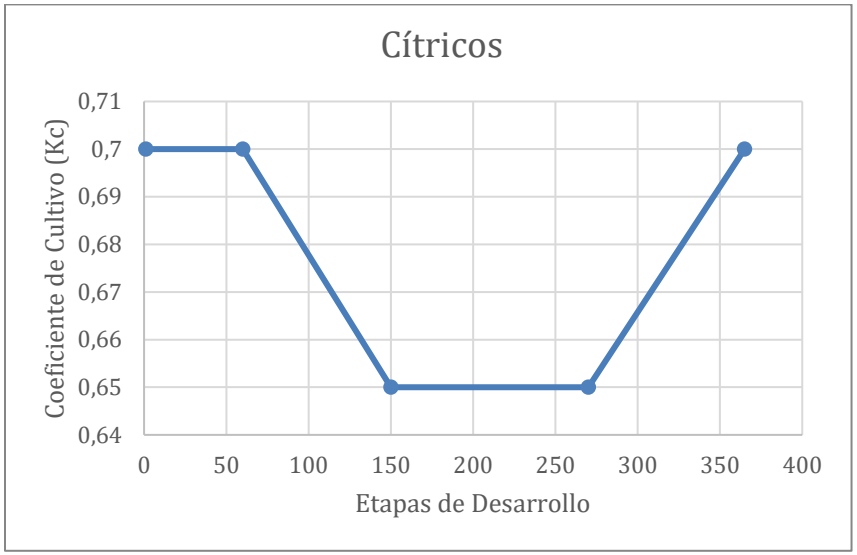
Anexo 1. *Curvas del coeficiente de cultivo (Kc)*

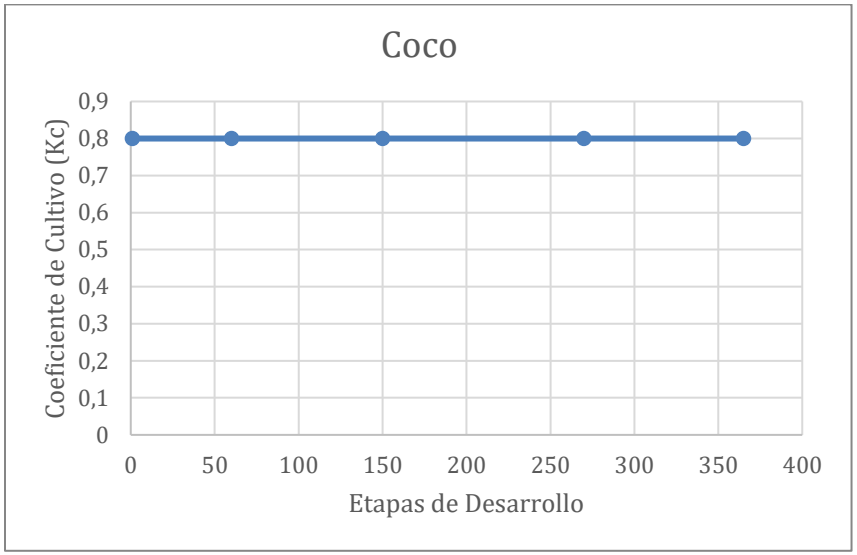


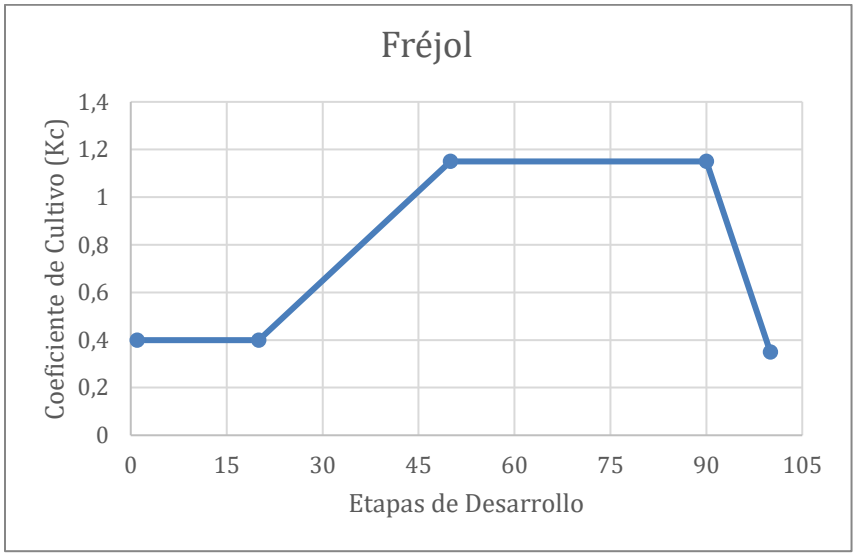


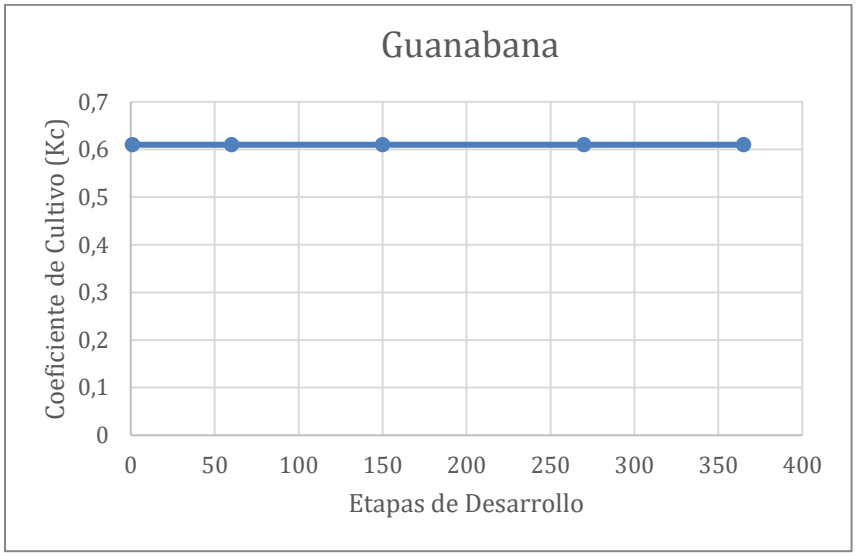


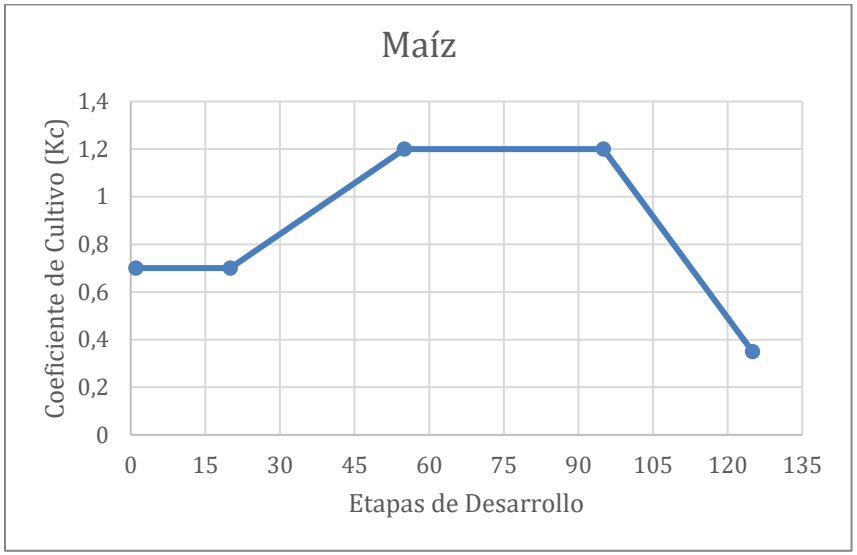


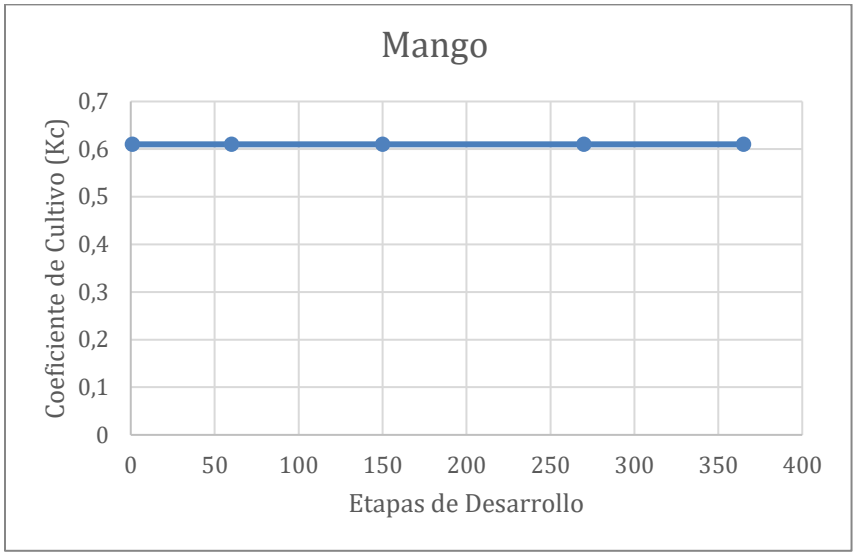

Cítricos
Coeficiente de Cultivo (Kc)
0,71
0,7
0,69
0,68
0,67
0,66
0,65
0,64
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Etapas de Desarrollo

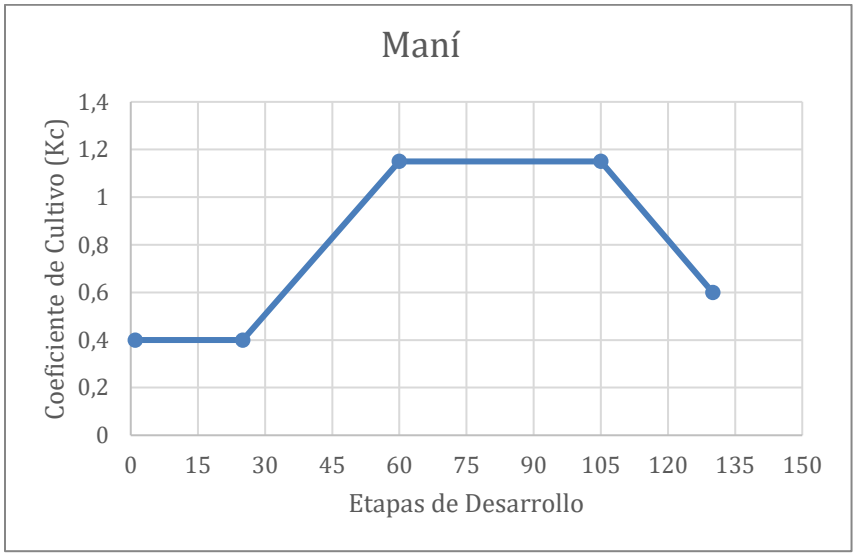

Coco
Coeficiente de Cultivo (Kc)
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Etapas de Desarrollo

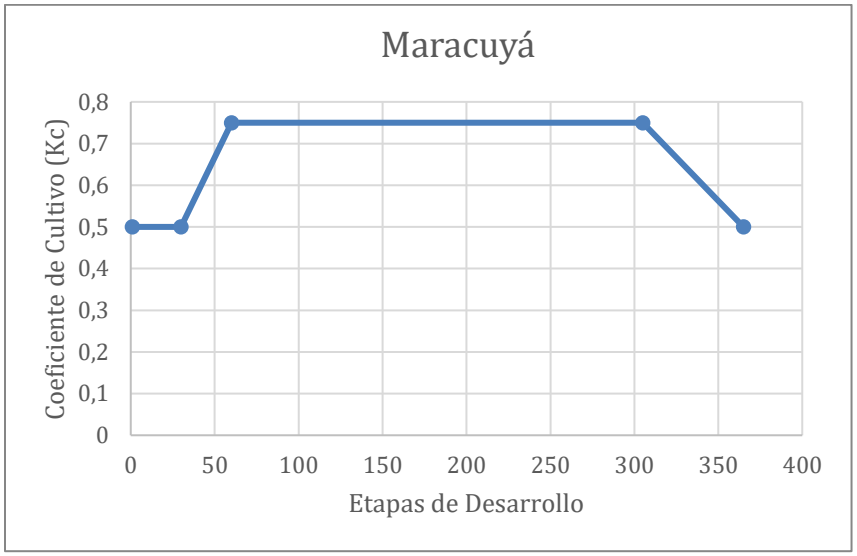

Fréjol
Coeficiente de Cultivo (Kc)
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0
15
30
45
60
75
90
105
Etapas de Desarrollo

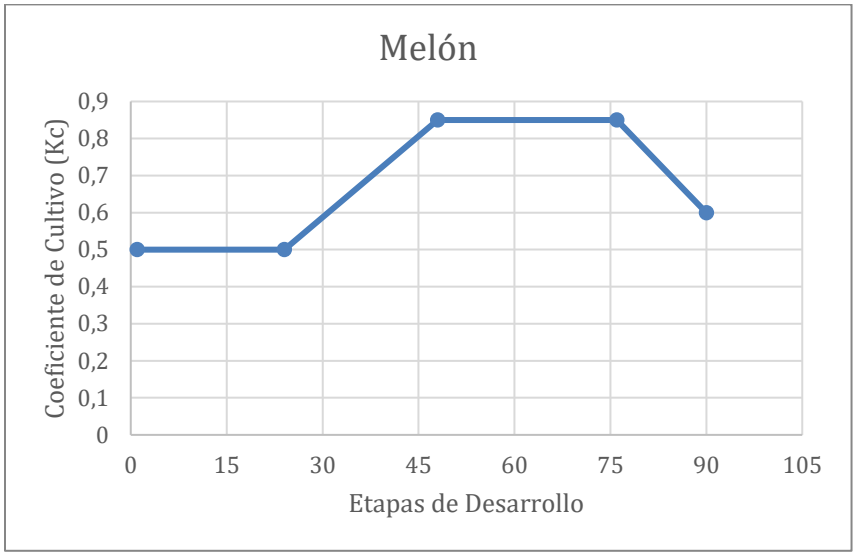

Guanabana
Coeficiente de Cultivo (Kc)
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Etapas de Desarrollo

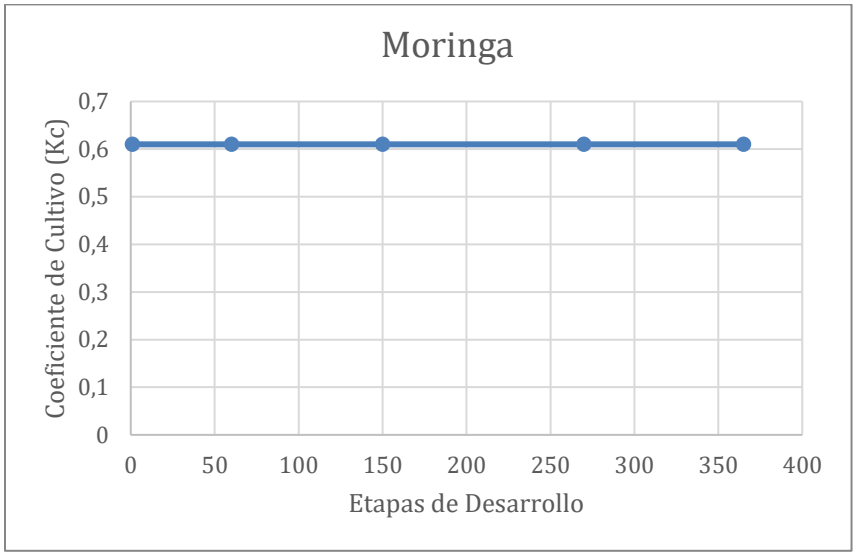

Maíz
Coeficiente de Cultivo (Kc)
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0 15 30 45 60 75 90 105 120 135
Etapas de Desarrollo

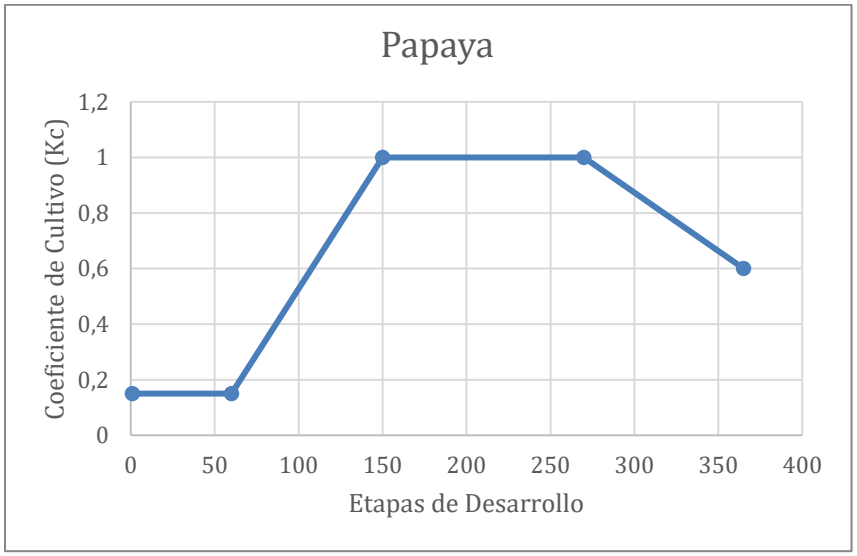

Mango
Coeficiente de Cultivo (Kc)
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0 50 100 150 200 250 300 350 400
Etapas de Desarrollo

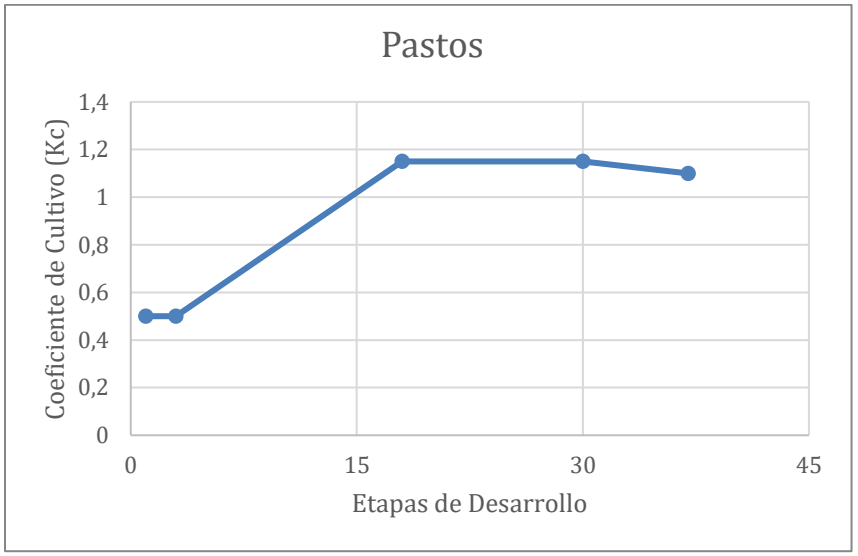

Maní
Coeficiente de Cultivo (Kc)
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0 15 30 45 60 75 90 105 120 135 150
Etapas de Desarrollo

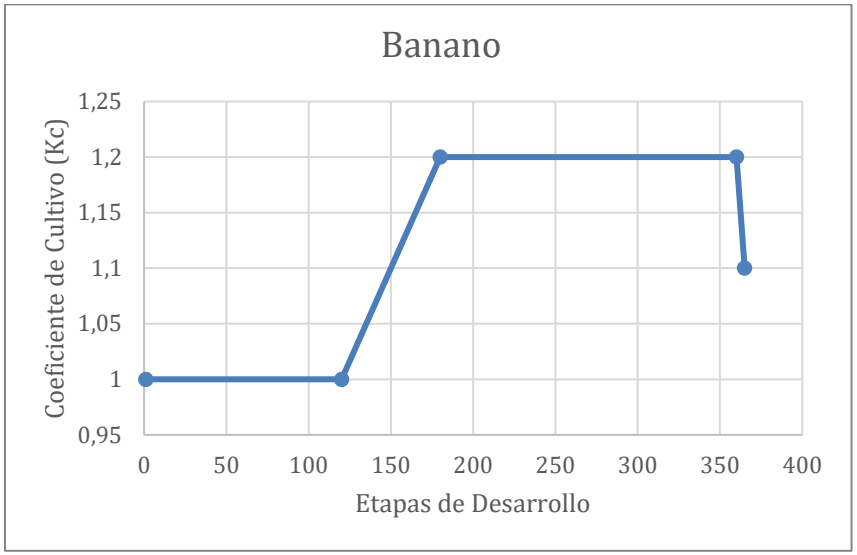

Maracuyá
Coeficiente de Cultivo (Kc)
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0 50 100 150 200 250 300 350 400
Etapas de Desarrollo

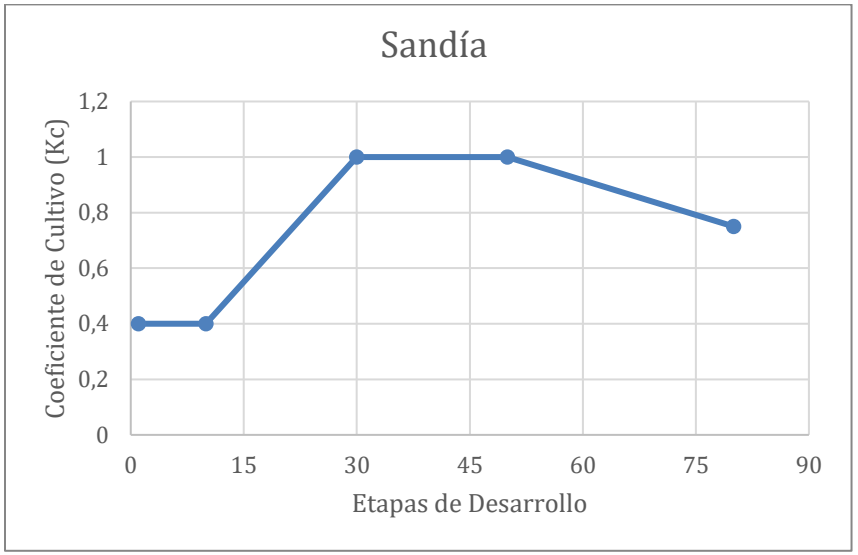

Melón
Coeficiente de Cultivo (Kc)
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0
15
30
45
60
75
90
105
Etapas de Desarrollo

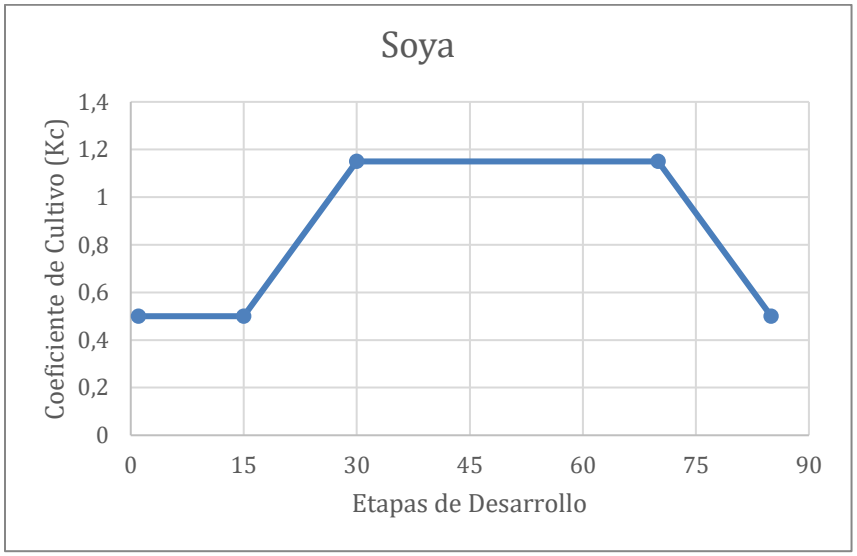

Moringa
Coeficiente de Cultivo (Kc)
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Etapas de Desarrollo

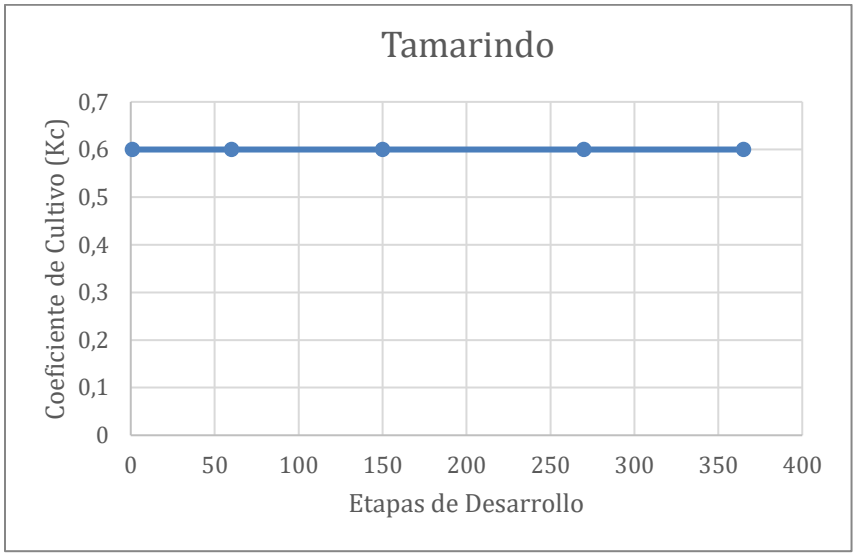

Papaya
Coeficiente de Cultivo (Kc)
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Etapas de Desarrollo

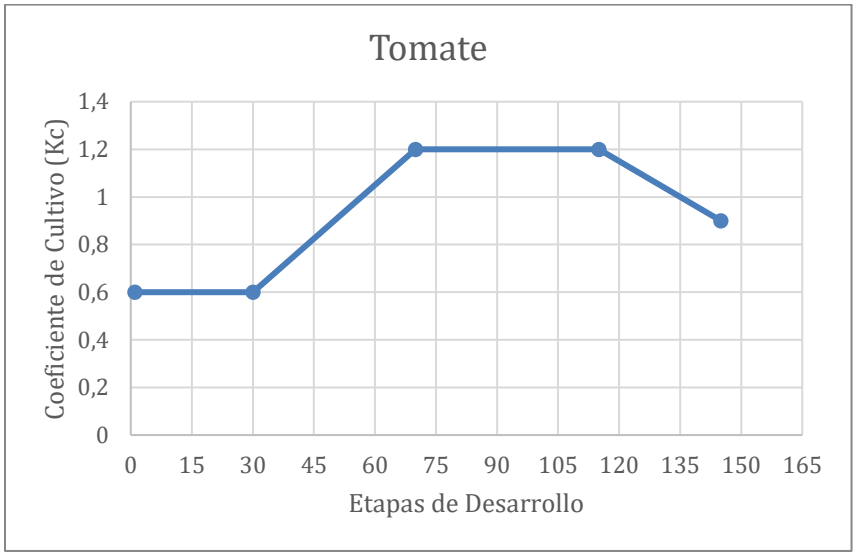

Pastos
Coeficiente de Cultivo (Kc)
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0
15
30
45
Etapas de Desarrollo


Banano
Coeficiente de Cultivo (Kc)
1,25
1,2
1,15
1,1
1,05
1
0,95
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Etapas de Desarrollo


Sandía
Coeficiente de Cultivo (Kc)
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0
15
30
45
60
75
90
Etapas de Desarrollo


Soya
Coeficiente de Cultivo (Kc)
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0
15
30
45
60
75
90
Etapas de Desarrollo


Tamarindo
Coeficiente de Cultivo (Kc)
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Etapas de Desarrollo


Tomate
Coeficiente de Cultivo (Kc)
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0
15
30
45
60
75
90
105
120
135
150
165
Etapas de Desarrollo

Uva
Coeficiente de Cultivo (Kc)
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Etapas de Desarrollo

Anexo 2. *Necesidades hídricas de los cultivos m3/mes (Sector 1)*

Necesidades Hídricas de los Cultivos (m3/mes) Sector 1												
	E	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Cultivos anuales												
Cebolla	30923,10	11341,71	0,00	5138,06	42747,83	51891,37	53782,55	54687,68	0,00	45188,10	57992,32	52261,60
Tomate	10944,95	2733,71	0,00	0,00	9982,77	16751,58	17015,75	14541,55	0,00	9497,17	13935,48	17130,93
Melón	1408,32	0,00	0,00	0,00	6167,03	13663,95	13810,28	10985,75	10104,08	15561,13	15017,74	9584,28
Sandia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Camote	1718,21	922,89	251,88	0,00	0,00	0,00	1538,81	2804,18	3022,34	2467,77	1746,95	1378,06
Maíz	0,00	0,00	92514,01	167924,49	188434,02	100756,94	216593,36	349973,61	400913,00	271328,48	116022,54	0,00
Arroz	346157,00	213753,58	246921,21	319818,80	381454,43	0,00	602048,45	694865,91	763554,59	793818,76	540650,04	0,00
Maní	0,00	156,57	505,10	501,31	655,32	0,00	626,33	1302,48	1717,66	1589,75	1000,73	0,00
Cultivos perennes												
Huertas	25047,86	0,00	0,00	8290,34	48941,61	62177,09	64878,34	66018,41	68473,32	68966,42	66073,17	53436,18
Plátano; Banano	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maracuyá	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coco	3172,71	0,00	0,00	1093,74	5335,91	6716,27	7008,05	7131,20	7396,38	7647,71	7628,39	6592,37
Moringa	87,63	0,00	0,00	0,00	230,11	317,26	334,57	340,84	352,84	362,96	361,51	298,52
Pastos	18849,41	5190,98	5750,20	15856,72	27559,74	33032,37	35220,64	41137,18	36505,91	37533,15	38488,79	39789,41
Frutales	510,35	0,00	0,00	0,00	1340,04	1847,60	1948,41	1984,91	2054,78	2113,70	2105,29	1738,46
Uva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Citricos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Papaya	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plantas aromaticas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frejol de palo	27,52	181,76	276,49	0,00	510,23	857,75	540,84	514,55	909,10	804,41	408,33	771,01
Suma	**438847,07**	**234281,20**	**346218,89**	**518623,46**	**713359,02**	**288012,19**	**1015346,38**	**1246288,25**	**1295004,00**	**1256879,49**	**861431,29**	**182980,81**

Anexo 3. *Necesidades hídricas de los cultivos m3/mes (Sector 2)*

Necesidades Hídricas de los Cultivos (m3/mes) Sector 2												
	E	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Cultivos anuales												
Cebolla	48257,79	17699,58	0,00	8018,32	66711,15	80980,32	83931,65	85344,17	0,00	70519,38	90501,31	81558,08
Tomate	4932,87	1232,08	0,00	0,00	4499,21	7549,90	7668,96	6553,85	0,00	4280,35	6280,69	7720,87
Melón	5243,64	0,00	0,00	0,00	22961,82	50875,26	51420,10	40903,46	37620,70	57939,04	55915,83	35685,33
Sandia	534,56	392,89	0,00	0,00	1092,60	2054,05	1777,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Camote	3320,71	1783,62	486,80	0,00	0,00	0,00	2973,98	5419,50	5841,12	4769,33	3376,25	2663,31
Maíz	0,00	0,00	108195,45	196388,27	220374,23	117835,59	253306,68	409295,34	468869,13	317319,59	135688,76	0,00
Arroz	312850,41	193186,60	223162,90	289046,42	344751,58	0,00	544120,45	628007,19	690086,77	717438,97	488629,68	0,00
Maní	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cultivos perennes												
Huertas	30426,52	0,00	0,00	10070,57	59451,09	75528,70	78810,00	80194,88	83176,95	83775,93	80261,41	64910,81
Plátano; Banano	1416,42	519,50	490,11	807,99	2145,87	2774,79	2957,88	3006,19	3124,36	3248,19	3244,96	2890,22
Maracuyá	719,54	0,00	0,00	1259,96	9518,71	12206,55	12765,62	12993,11	13470,75	13913,23	12945,14	8294,40
Coco	4148,98	0,00	0,00	1430,30	6977,81	8782,93	9164,49	9325,54	9672,31	10000,99	9975,72	8620,90
Moringa	1707,23	0,00	0,00	0,00	4482,72	6180,65	6517,86	6639,95	6873,70	7070,80	7042,66	5815,53
Pastos	26278,76	7236,97	8016,60	22106,52	38422,20	46051,82	49102,59	57351,09	50894,44	52326,55	53658,86	55472,10
Frutales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Uva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Citricos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Papaya	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plantas aromaticas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frejol de palo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	**439837,43**	**222051,24**	**340351,85**	**529128,35**	**781389,01**	**410820,56**	**1104518,25**	**1345034,27**	**1369630,23**	**1342602,35**	**947521,26**	**273631,56**

Anexo 4. *Necesidades hídricas de los cultivos m3/mes (Sector 3)*

Necesidades Hidricas de los Cultivos (m3/mes) Sector 3												
	E	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Cultivos anuales												
Cebolla	2314,38	848,85	0,00	384,55	3199,38	3883,72	4025,26	4093,00	0,00	3382,02	4340,33	3911,42
Tomate	6106,51	1525,22	0,00	0,00	5569,68	9346,20	9493,58	8113,16	0,00	5298,75	7775,01	9557,84
Melón	322,47	0,00	0,00	0,00	1412,10	3128,72	3162,23	2515,48	2313,60	3563,13	3438,71	2194,57
Sandia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Camote	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maíz	0,00	0,00	19153,25	34765,54	39011,65	20859,79	44841,50	72455,32	83001,34	56173,35	24020,24	0,00
Arroz	10334,43	6381,56	7371,77	9548,11	11388,22	0,00	17974,00	20745,04	22795,72	23699,25	16140,96	0,00
Maní	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cultivos perennes												
Huertas	2620,29	0,00	0,00	867,27	5119,85	6504,44	6787,02	6906,28	7163,09	7214,68	6912,01	5590,04
Plátano; Banano	186,20	68,29	64,43	106,21	282,09	364,76	388,83	395,18	410,72	427,00	426,57	379,94
Maracuyá	11,79	0,00	0,00	20,65	156,03	200,09	209,25	212,98	220,81	228,06	212,20	135,96
Coco	4544,36	0,00	0,00	1566,60	7642,77	9619,90	10037,83	10214,22	10594,04	10954,03	10926,36	9442,44
Moringa	384,79	0,00	0,00	0,00	1010,35	1393,04	1469,04	1496,56	1549,24	1593,67	1587,32	1310,75
Pastos	25942,49	7144,36	7914,02	21823,64	37930,55	45462,54	48474,27	56617,23	50243,19	51656,98	52972,24	54762,28
Frutales	1647,42	0,00	0,00	0,00	4325,69	5964,13	6289,54	6407,35	6632,91	6823,10	6795,95	5611,81
Uva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Citricos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Papaya	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plantas aromaticas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frejol de palo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	**54415,14**	**15968,28**	**34503,47**	**69082,57**	**117048,35**	**106727,33**	**153152,35**	**190171,80**	**184924,66**	**171014,02**	**135547,90**	**92897,05**

Anexo 5. *Necesidades hídricas de los cultivos m3/mes (Sector 4)*

Necesidades Hidricas de los Cultivos (m3/mes) Sector 4												
	E	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Cultivos anuales												
Cebolla	217438,08	79750,08	0,00	36128,64	300584,52	364877,99	378175,97	384540,46	0,00	317743,49	407777,30	367481,27
Tomate	7624,31	1904,32	0,00	0,00	6954,05	11669,24	11853,26	10129,72	0,00	6615,78	9707,53	11933,50
Melón	6614,96	0,00	0,00	0,00	28966,82	64180,19	64867,52	51600,56	47459,30	73091,31	70538,98	45017,78
Sandia	11505,85	8456,48	0,00	0,00	23517,09	44211,28	38269,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Camote	2930,01	1573,77	429,52	0,00	0,00	0,00	2624,07	4781,86	5153,88	4208,19	2979,01	2349,96
Maíz	0,00	0,00	231401,21	420022,12	471321,70	252018,90	541755,42	875373,58	1002786,01	678661,96	290202,07	0,00
Arroz	496049,38	306312,84	353842,65	458306,26	546631,25	0,00	862746,56	995755,70	1094187,85	1137556,96	774761,50	0,00
Maní	0,00	326,50	1053,31	1045,40	1366,56	0,00	1306,11	2716,12	3581,92	3315,18	2086,87	0,00
Cultivos perennes												
Huertas	39324,21	0,00	0,00	13015,53	76836,51	97615,74	101856,59	103646,46	107500,58	108274,73	103732,44	83892,83
Plátano; Banano	707,96	259,66	244,96	403,85	1072,55	1386,90	1478,41	1502,56	1561,62	1623,51	1621,90	1444,59
Maracuyá	1104,28	0,00	0,00	1933,66	14608,35	18733,37	19591,38	19940,50	20673,54	21352,60	19866,88	12729,39
Coco	23325,62	0,00	0,00	8041,14	39229,32	49377,69	51522,87	52428,25	54377,81	56225,63	56083,57	48466,79
Moringa	2588,38	0,00	0,00	0,00	6796,38	9370,66	9881,92	10067,03	10421,42	10720,24	10677,58	8817,10
Pastos	77395,81	21314,20	23610,38	65107,80	113160,49	135631,16	144616,23	168909,59	149893,55	154111,39	158035,28	163375,63
Frutales	989,89	0,00	0,00	0,00	2599,19	3583,69	3779,21	3850,01	3985,54	4099,82	4083,50	3371,99
Uva	0,00	0,00	679,49	2941,34	11034,24	13667,10	13455,04	12647,25	11888,46	11101,86	9973,18	6735,79
Citricos	846,50	0,00	0,00	0,00	1540,80	2045,41	2151,06	2190,71	2268,95	2375,51	2426,93	2102,53
Papaya	0,00	0,00	0,00	0,00	2429,41	3313,81	3434,58	3492,38	3626,69	3470,08	2964,33	2082,31
Plantas aromaticas	799,91	793,58	418,13	455,81	2118,32	1940,87	2155,73	2580,70	1980,52	2538,79	2753,67	1694,96
Frejol de palo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	**889245,16**	**420691,43**	**611679,65**	**1007401,56**	**1650767,56**	**1073623,98**	**2255521,26**	**2706153,45**	**2521347,63**	**2597087,03**	**1930272,54**	**761496,41**

Anexo 6. *Necesidades hídricas de los cultivos m3/mes (Sector 5)*

Necesidades Hidricas de los Cultivos (m3/mes) Sector 5												
	E	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Cultivos anuales												
Cebolla	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tomate	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Melón	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sandia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Camote	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maíz	0,00	0,00	3645,28	6616,63	7424,76	3970,07	8534,31	13789,81	15796,95	10691,00	4571,57	0,00
Arroz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maní	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cultivos perennes												
Huertas	8176,70	0,00	0,00	2706,32	15976,64	20297,27	21179,07	21551,24	22352,63	22513,60	21569,12	17443,86
Plátano; Banano	57,53	21,10	19,91	32,82	87,16	112,71	120,14	122,11	126,90	131,93	131,80	117,39
Maracuyá	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coco	82,73	0,00	0,00	28,52	139,14	175,14	182,75	185,96	192,87	199,43	198,92	171,91
Moringa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pastos	269,92	74,33	82,34	227,06	394,65	473,01	504,35	589,07	522,75	537,46	551,15	569,77
Frutales	38,42	0,00	0,00	0,00	100,87	139,08	146,67	149,42	154,68	159,11	158,48	130,87
Uva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Citricos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Papaya	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plantas aromaticas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frejol de palo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	**8625,30**	**95,43**	**3747,52**	**9611,36**	**24123,22**	**25167,28**	**30667,28**	**36387,60**	**39146,78**	**34232,54**	**27181,04**	**18433,80**

Anexo 7. *Criterio de riego para los módulos del sector 3*

MÓDULOS	Cultivo	Método de riego	Ea (%)	Eficiencia de conducción	Frecuencia de riego	Criterio de riego
ZI-01	Aguacate	Gravedad	50,0	90	3	1
ZI-02	Uva	Goteo	85,0	90	3	1
ZI-03	Cebolla	Goteo	85,0	90	4	1
ZI-04	Tomate	Goteo	85,0	90	3	1
ZI-05	Melón	Goteo	85,0	90	5	1
ZI-06	Guanábana	Aspersión	70,0	90	4	1
ZI-07	Maíz	Aspersión	70,0	90	3	1
ZI-08	Maíz	Aspersión	70,0	90	3	1
ZI-09	Sandia	Goteo	85,0	90	8	1
ZI-11	Maíz	Aspersión	70,0	90	7	1
ZI-12	Cítricos	Aspersión	70,0	90	4	1
ZI-13	Maracuyá	Gravedad	50,0	90	4	1
ZI-14	Coco	Gravedad	50,0	90	6	1
ZI-15	Cebolla	Goteo	85,0	90	3	1
ZI-16	Camote	Goteo	85,0	90	5	1
ZI-17	Pastos	Aspersión	70,0	90	3	1
ZI-18	Pastos	Aspersión	70,0	90	3	1
ZI-19	Pastos	Aspersión	70,0	90	3	1
ZI-20	Mango	Gravedad	50,0	90	3	1
ZI-21	Aguacate	Gravedad	50,0	90	3	1
ZI-22	Frejol	Gravedad	50,0	90	2	1
ZI-23	Maracuyá	Gravedad	50,0	90	2	1
ZI-24	Moringa	Aspersión	70,0	90	3	1
ZI-25	Citricos	Aspersión	70,0	90	4	1
ZI-26	Guanábana	Aspersión	70,0	90	4	1
ZI-27	Papaya	Goteo	85,0	90	2	1
ZI-28	Frejol	Gravedad	50,0	90	4	1
ZI-29	Tamarindo	Aspersión	70,0	90	6	1
ZI-30	Maní	Goteo	85,0	90	5	1
ZI-31	Maraguya	Gravedad	50,0	90	4	1
ZI-32	Papaya	Goteo	85,0	90	4	1
ZI-33	Banano	Aspersión	70,0	90	3	1
ZI-34	Maracuyá	Gravedad	50,0	90	2	1
ZI-35	Coco	Gravedad	50,0	90	4	1
ZI-36	Guanábana	Aspersión	70,0	90	4	1
ZI-37	Aguacate	Gravedad	50,0	90	3	1
ZI-38	Papaya	Goteo	85,0	90	2	1
ZI-39	Soya	Goteo	85,0	90	5	1
ZI-40	Uva	Goteo	85,0	90	3	1
ZI-41	Mango	Gravedad	50,0	90	3	1

ZI-42	Cítricos	Aspersión	70,0	90	4	1
ZI-44	Uva	Goteo	85,0	90	3	1
ZI-45	Moringa	Aspersión	70,0	90	3	1
ZI-46	Aguacate	Gravedad	50,0	90	7	1
ZI-47	Tamarindo	Aspersión	70,0	90	3	1
ZI-48	Cebolla	Goteo	85,0	90	8	1
ZI-50	Pastos	Aspersión	70,0	90	3	1
ZI-51	Maíz	Aspersión	70,0	90	10	1

Anexo 8. *Turnos del sector 3 del sistema de riego Zapotillo*

MÓDULOS	PROPIETARIO	Área	Q Turno (l/s)	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
ZI-01	LUTGARDA FREDESMINDA GRANDA	10,65	11,69	6h00-9h37						
	WILMER ALFREDO GRANDA GRANDA	0,49	0,54	6h00-9h37						
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	20,20	22,17	6h00-9h37						
ZI-02	LUTGARDA FREDESMINDA GRANDA	6,96	4,21	9h37-11h07						
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	19,03	11,50	9h37-11h07						
	WILMER ALFREDO GRANDA GRANDA	0,41	0,25	9h37-11h07						
ZI-03	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	25,77	20,59	11h07-13h11						
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	1,22	0,98	11h07-13h11						
ZI-04	LUTGARDA FREDESMINDA GRANDA	1,38	1,16	13h11-16h08						
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	40,22	33,77	13h11-16h08						
ZI-05	LUTGARDA FREDESMINDA GRANDA	18,35	11,37	16h08-19h26						
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	5,84	3,62	16h08-19h26						
	NORBERTO CAMPOS ROGEL	0,004	0,003	16h08-19h26						
	WILMER ALFREDO GRANDA GRANDA	11,46	7,10	16h08-19h26						
ZI-06	MARIA HERMELINDA GONZAGA	0,33	0,19	19h26-22h02						
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	39,03	22,44	19h26-22h02						
	NORBERTO CAMPOS ROGEL	0,90	0,51	19h26-22h02						
	WILMER ALFREDO GRANDA GRANDA	6,33	3,64	19h26-22h02						
ZI-07	JASON MAXIMILIAN KAISER	11,17	12,75		6h00-9h41					
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	0,002	0,0019		6h00-9h41					
	WILMER ALFREDO GRANDA GRANDA	3,16	3,60		6h00-9h41					
ZI-08	LUTGARDA FREDESMINDA GRANDA	6,65	7,58		9h41-13h23					
	WILMER ALFREDO GRANDA GRANDA	8,78	10,02		9h41-13h23					
ZI-09	LUTGARDA FREDESMINDA GRANDA	0,42	0,29		13h23-14h42					
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	13,73	9,51		13h23-14h42					
ZI-11	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	19,20	21,91		14h42-16h54					
ZI-12	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	24,90	16,40		16h54-19h30					

ZI-13	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	5,44	5,42	6h00-11h06	
	MANUEL ANDRE TORRES GALLO	0,01	0,01	6h00-11h06	
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	11,73	11,67	6h00-11h06	
ZI-14	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	20,42	21,71	11h06-19h07	
ZI-15	ALEX SEGUNDO QUEZADA MONCAYO	0,22	0,18	19h07-21h41	
	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	1,00	0,80	19h07-21h41	
	JASON MAXIMILIAN KAISER	0,37	0,30	19h07-21h41	
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	14,94	11,94	19h07-21h41	
ZI-16	ALEX SEGUNDO QUEZADA MONCAYO	0,22	0,20		6h00-10h46
	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	8,72	7,85		6h00-10h46
	CARLOS DANIEL FREIRE SERRANO	0,11	0,10		6h00-10h46
	CARLOS PATRICIO TORRES GALLO	2,41	2,17		6h00-10h46
	DARWIN MATEO MERINO SOTO	5,54	4,99		6h00-10h46
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	0,01	0,01		6h00-10h46
	RICHARD EDELBERTO AGUILAR ESPINOZA	0,17	0,16		6h00-10h46
ZI-17	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	7,16	6,99		10h46-13h37
	MANUEL ANDRE TORRES GALLO	3,46	3,38		10h46-13h37
	NESTOR ANDRES SANCHEZ GRANDA	9,06	8,84		10h46-13h37
ZI-18	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	0,97	0,95		13h37-16h29
	CARLOS PATRICIO TORRES GALLO	3,31	3,24		13h37-16h29
	CARLOS PATRICIO TORRES RAMON	3,48	3,40		13h37-16h29
	CESAR DANIEL QUIZHPE GARCIA	4,90	4,78		13h37-16h29
	MANUEL ANDRE TORRES GALLO	10,81	10,55		13h37-16h29
	MICHELLE ESTEPHANIE VALDIVIESO TORRES	4,02	3,93		13h37-16h29
	STEEVEN RONALDO VINCES CELI	3,74	3,65		13h37-16h29
	TITO ELICEO ALVAREZ SOTO	1,58	1,54		13h37-16h29
ZI-19	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	3,66	3,57		16h29-19h20
	CARLOS PATRICIO TORRES RAMON	1,88	1,83		16h29-19h20
	MARIA HERMELINDA GONZAGA	0,48	0,47		16h29-19h20
	SILVIO REINERIO GALLO BARRETO	13,66	13,34		16h29-19h20
	WILMER ORLANDO BARRETO ORTIZ	5,58	5,45		16h29-19h20

	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	4,12	3,32	19h20-22h14	
	CARLOS PATRICIO TORRES RAMON	2,15	1,73	19h20-22h14	
ZI-20	MARIA HERMELINDA GONZAGA	0,55	0,45	19h20-22h14	
	SILVIO REINERIO GALLO BARRETO	6,60	5,31	19h20-22h14	
	WILMER ORLANDO BARRETO ORTIZ	5,25	4,22	19h20-22h14	
	CARLOS DANIEL FREIRE SERRANO	2,29	2,51		6h00-9h37
	CARLOS PATRICIO TORRES GALLO	0,18	0,20		6h00-9h37
	CARLOS PATRICIO TORRES RAMON	3,70	4,06		6h00-9h37
ZI-21	CESAR DANIEL QUIZHPE GARCIA	1,46	1,60		6h00-9h37
	FIDEL AUGUSTO VINCES CELI	4,14	4,54		6h00-9h37
	MICHELLE ESTEPHANIE VALDIVIESO TORRES	3,39	3,72		6h00-9h37
	STEEVEN RONALDO VINCES CELI	2,14	2,35		6h00-9h37
	ALEX SEGUNDO QUEZADA MONCAYO	0,52	0,77		9h37-12h54
	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	1,29	1,92		9h37-12h54
	CARLOS DANIEL FREIRE SERRANO	1,30	1,93		9h37-12h54
	CARLOS PATRICIO TORRES GALLO	2,90	4,29		9h37-12h54
ZI-22	CESAR DANIEL QUIZHPE GARCIA	0,37	0,55		9h37-12h54
	JUAN ELIAS CURILLO LLANGANATE	1,21	1,79		9h37-12h54
	MANUEL ANDRE TORRES GALLO	5,40	7,99		9h37-12h54
	RICHARD EDELBERTO AGUILAR ESPINOZA	5,41	8,01		9h37-12h54
	TITO ELICEO ALVAREZ SOTO	2,50	3,70		9h37-12h54
	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	1,98	1,97		12h54-15h26
	JORGE ROBERTO ALVAREZ SOTO	2,39	2,38		12h54-15h26
ZI-23	MARIA HERMELINDA GONZAGA	0,03	0,03		12h54-15h26
	SILVIO REINERIO GALLO BARRETO	11,88	11,82		12h54-15h26
	WILMER ORLANDO BARRETO ORTIZ	7,26	7,23		12h54-15h26
	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	2,46	1,41		15h26-17h31
	CARLOS DANIEL FREIRE SERRANO	3,36	1,93		15h26-17h31
ZI-24	CARLOS PATRICIO TORRES RAMON	5,19	2,99		15h26-17h31
	FIDEL AUGUSTO VINCES CELI	0,02	0,01		15h26-17h31
	MARIA HERMELINDA GONZAGA	0,71	0,41		15h26-17h31

	SILVIO REINERIO GALLO BARRETO	3,25	1,87	15h26-17h31	
	WILMER ORLANDO BARRETO ORTIZ	2,61	1,50	15h26-17h31	
ZI-25	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	1,66	1,10	17h31-20h06	
	CARLOS DANIEL FREIRE SERRANO	0,34	0,22	17h31-20h06	
	CARLOS PATRICIO TORRES GALLO	0,11	0,08	17h31-20h06	
	CARLOS PATRICIO TORRES RAMON	9,91	6,53	17h31-20h06	
	DARWIN MATEO MERINO SOTO	6,26	4,12	17h31-20h06	
	MARIA HERMELINDA GONZAGA	0,46	0,30	17h31-20h06	
	MICHELLE ESTEPHANIE VALDIVIESO TORRES	1,08	0,71	17h31-20h06	
	SILVIO REINERIO GALLO BARRETO	2,41	1,59	17h31-20h06	
	WILMER ORLANDO BARRETO ORTIZ	0,49	0,33	17h31-20h06	
ZI-26	GAD ZAPOTILLO	13,45	7,73	20h06-22h42	
	HECTOR BENIGNO TORRES REYES	0,86	0,50	20h06-22h42	
	JORGE ROBERTO ALVAREZ SOTO	21,09	12,13	20h06-22h42	
	SILVIO REINERIO GALLO BARRETO	1,44	0,83	20h06-22h42	
	VANESSA SUSANA JIMENEZ PARDO	1,44	0,83	20h06-22h42	
ZI-27	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	0,83	0,63		6h00-7h42
	MARIA HERMELINDA GONZAGA	0,02	0,02		6h00-7h42
	SILVIO REINERIO GALLO BARRETO	11,18	8,47		6h00-7h42
	WILMER ORLANDO BARRETO ORTIZ	10,64	8,05		6h00-7h42
ZI-28	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	3,50	5,19		7h42-13h00
	ERIKA MERCEDES RODRIGUEZ PEREZ	0,13	0,19		7h42-13h00
	MARIA HERMELINDA GONZAGA	0,17	0,26		7h42-13h00
	SILVIO REINERIO GALLO BARRETO	13,55	20,06		7h42-13h00
	WILMER ORLANDO BARRETO ORTIZ	11,61	17,19		7h42-13h00
ZI-29	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	1,43	0,81		13h00-16h22
	CARLOS PATRICIO TORRES GALLO	0,003	0,001		13h00-16h22
	CARLOS PATRICIO TORRES RAMON	5,48	3,10		13h00-16h22
	DARWIN MATEO MERINO SOTO	2,13	1,20		13h00-16h22
	MARIA HERMELINDA GONZAGA	0,38	0,22		13h00-16h22
	MICHELLE ESTEPHANIE VALDIVIESO TORRES	1,25	0,71		13h00-16h22

	SILVIO REINERIO GALLO BARRETO	2,20	1,24	13h00-16h22	
	WILMER ORLANDO BARRETO ORTIZ	0,01	0,00	13h00-16h22	
ZI-30	ERIKA MERCEDES RODRIGUEZ PEREZ	0,02	0,02	16h22-20h21	
	JORGE ROBERTO ALVAREZ SOTO	1,18	1,06	16h22-20h21	
	SILVIO REINERIO GALLO BARRETO	29,28	26,37	16h22-20h21	
	WILMER ORLANDO BARRETO ORTIZ	0,19	0,17	16h22-20h21	
ZI-31	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	2,51	2,50		6h00-10h07
	MANUEL ALFREDO GALLO ESPINOZA	0,25	0,25		6h00-10h07
	SILVIO REINERIO GALLO BARRETO	13,57	13,51		6h00-10h07
	WILMER ORLANDO BARRETO ORTIZ	6,09	6,06		6h00-10h07
ZI-32	ALFREDO NEON JIMENEZ GALLO	16,28	12,33		10h07-12h53
	CARLOS PATRICIO TORRES RAMON	13,75	10,41		10h07-12h53
	CERVIO MIGUEL BECERRA SANCHEZ	0,12	0,09		10h07-12h53
	DIRECCION DISTRITAL 11D09 ZAPOTILLO - EDUCACION	0,21	0,16		10h07-12h53
	FRANKLIN DANIEL JIMENEZ CORDERO	0,03	0,03		10h07-12h53
	MANUEL ALFREDO GALLO ESPINOZA	0,47	0,35		10h07-12h53
	MARIA HERMELINDA GONZAGA	1,59	1,20		10h07-12h53
	MARIETA AUDOMILIA JIMENEZ GALLO	0,04	0,03		10h07-12h53
	MICHELLE ESTEPHANIE VALDIVIESO TORRES	2,16	1,64		10h07-12h53
	SILVIO REINERIO GALLO BARRETO	8,29	6,27		10h07-12h53
	WILMER ORLANDO BARRETO ORTIZ	5,40	4,09		10h07-12h53
ZI-33	CARLOS PATRICIO TORRES GALLO	9,64	11,07		12h53-16h16
	CARLOS PATRICIO TORRES RAMON	6,31	7,25		12h53-16h16
	CERVIO MIGUEL BECERRA SANCHEZ	3,37	3,87		12h53-16h16
	DARWIN MATEO MERINO SOTO	0,05	0,05		12h53-16h16
	DIRECCION DISTRITAL 11D09 ZAPOTILLO - EDUCACION	0,03	0,03		12h53-16h16
	GALO IGNACIO YANANGOMEZ CELI	2,61	3,00		12h53-16h16
	JUANA NANCY REQUENA DIAZ	2,89	3,32		12h53-16h16
	MICHELLE ESTEPHANIE VALDIVIESO TORRES	2,56	2,94		12h53-16h16
	SANTOS ADRIANO VIDAL SANCHEZ	6,15	7,07		12h53-16h16

	SILVIO REINERIO GALLO BARRETO	0,07	0,09	12h53-16h16
ZI-34	CARMEN ELISA MONCAYO CORDOVA	0,27	0,27	16h16-18h49
	GILBERTO ALVAREZ TINOCO	21,53	21,43	16h16-18h49
	HECTOR BENIGNO TORRES REYES	0,002	0,00	16h16-18h49
	JORGE ROBERTO ALVAREZ SOTO	5,81	5,78	16h16-18h49
	MARIA JOSEFINA MONCADA CORDOVA	4,87	4,85	16h16-18h49
	SEGUNDO NAPOLEON CORONEL MONCADA	1,50	1,49	16h16-18h49
	VANESSA SUSANA JIMENEZ PARDO	3,92	3,91	16h16-18h49
ZI-35	ALVAREZ SANCHEZ PEDRO OSWALDO	0,32	0,34	18h49-22h49
	CARMEN ELISA MONCAYO CORDOVA	6,04	6,42	18h49-22h49
	GILBERTO ALVAREZ TINOCO	12,23	13,00	18h49-22h49
	ISABEL RAMOS	0,10	0,11	18h49-22h49
	JORGE ROBERTO ALVAREZ SOTO	3,33	3,54	18h49-22h49
	MARIA JOSEFINA MONCADA CORDOVA	4,79	5,09	18h49-22h49
	MINISTERIO DE EDUCACION LOJA	0,15	0,16	18h49-22h49
	SEGUNDO NAPOLEON CORONEL MONCADA	1,94	2,06	18h49-22h49
	VANESSA SUSANA JIMENEZ PARDO	0,23	0,24	18h49-22h49
ZI-36	ERIKA MERCEDES RODRIGUEZ PEREZ	12,03	6,92	6h00-8h35
	GAD ZAPOTILLO	0,64	0,37	6h00-8h35
	JORGE ROBERTO ALVAREZ SOTO	12,20	7,02	6h00-8h35
	SILVIO REINERIO GALLO BARRETO	0,14	0,08	6h00-8h35
ZI-37	GAD ZAPOTILLO	0,11	0,12	8h35-12h13
	HECTOR BENIGNO TORRES REYES	0,16	0,17	8h35-12h13
	JORGE ROBERTO ALVAREZ SOTO	17,11	18,78	8h35-12h13
	VANESSA SUSANA JIMENEZ PARDO	0,11	0,12	8h35-12h13
ZI-38	JORGE ROBERTO ALVAREZ SOTO	32,83	24,86	12h13-13h56
	SEGUNDO NAPOLEON CORONEL MONCADA	0,06	0,05	12h13-13h56
ZI-39	JORGE ROBERTO ALVAREZ SOTO	24,81	23,19	13h56-17h55
ZI-40	CARMEN ELISA MONCAYO CORDOVA	11,85	7,16	17h55-19h24
	GILBERTO ALVAREZ TINOCO	16,20	9,79	17h55-19h24
ZI-41	CARMEN ELISA MONCAYO CORDOVA	5,69	4,58	19h24-22h19

	GILBERTO ALVAREZ TINOCO	5,81	4,67	19h24-22h19	
ZI-42	CARLOS MIGUEL ROMAN VALDIVIESO	1,16	0,77		6h00-8h35
	CARMEN ELISA MONCAYO CORDOVA	18,63	12,27		6h00-8h35
	HEREDEROS DE ANGEL BENIGNO GRANDA ARIAS	0,01	0,01		6h00-8h35
	JORGE ALBERTO ROGEL VALDIVIEZO	0,34	0,23		6h00-8h35
ZI-44	CARMEN ELISA MONCAYO CORDOVA	0,34	0,21		8h35-10h05
	CARMEN GARCIA ESCOBAR	3,31	2,00		8h35-10h05
	HEREDEROS DE ANGEL BENIGNO GRANDA ARIAS	3,94	2,38		8h35-10h05
	JORGE ALBERTO ROGEL VALDIVIEZO	5,73	3,46		8h35-10h05
	JUAN MANUEL VILLEGAS ZAPATA	0,04	0,02		8h35-10h05
	LUIS ALFREDO VIDAL REQUENEZ	0,39	0,23		8h35-10h05
	RONAL JAVIER CASTILLO GUERRERO	0,49	0,30		8h35-10h05
	SORANA LUCIA REQUENA CELI	0,56	0,34		8h35-10h05
	VICTOR OSWALDO MARTINEZ BECERRA	2,59	1,56		8h35-10h05
ZI-45	CARMEN DEL ROCIO TITUAÑA COLLAGUAZO	0,01	0,01		10h05-12h09
	CARMEN LILIANA CASTILLO GUERRERO	0,27	0,15		10h05-12h09
	ELVIS ESTEBAN VALDIVIESO PANAMITO	1,19	0,69		10h05-12h09
	HEREDEROS DE ANGEL BENIGNO GRANDA ARIAS	9,72	5,59		10h05-12h09
	JORGE ALBERTO ROGEL VALDIVIEZO	0,04	0,02		10h05-12h09
	JOSE MARCELO VIDAL VIDAL	1,95	1,12		10h05-12h09
	JUAN MANUEL VILLEGAS ZAPATA	0,01	0,00		10h05-12h09
	LUIS ALFREDO VIDAL REQUENEZ	0,12	0,07		10h05-12h09
	MANUELA ALICIA FIERRO SILVA	1,23	0,71		10h05-12h09
	NELI ESTER NARANJO GUTIERREZ	1,61	0,93		10h05-12h09
	RONAL JAVIER CASTILLO GUERRERO	0,01	0,01		10h05-12h09
	SIMON BOLIVAR ROGEL ROGEL	0,46	0,26		10h05-12h09
	SORANA LUCIA REQUENA CELI	0,03	0,02		10h05-12h09
	VICTOR ALBERTO ROBLES DAVILA	1,02	0,59		10h05-12h09
ZI-46	CARMEN GARCIA ESCOBAR	2,21	2,43		12h09-17h11
	ELMAN AFRANIO SANCHEZ MONCADA	1,45	1,60		12h09-17h11

	GREGORIO RICARDO INFANTE MENA	0,06	0,07	12h09-17h11	
	HEREDEROS DE ANGEL BENIGNO GRANDA ARIAS	2,07	2,27	12h09-17h11	
	KARINA DEL CISNE CORREA MARTINEZ	2,41	2,64	12h09-17h11	
ZI-47	ELVIS ESTEBAN VALDIVIESO PANAMITO	0,33	0,19	17h11-19h16	
	HEREDEROS DE ANGEL BENIGNO GRANDA ARIAS	2,45	1,39	17h11-19h16	
ZI-48	ALVAREZ SOTO LUIS ERNESTO	0,0003	0,00025	19h16-21h57	
	BYRON ENRIQUE ALVAREZ MONCADA	0,03	0,021	19h16-21h57	
	FANNY CHECA HERRERA	0,28	0,22	19h16-21h57	
	FRANCISCO ENRIQUE ALVAREZ SOTO	21,13	16,88	19h16-21h57	
	FRANCO LUIS FRIAS VITERI	0,00002	0,000017	19h16-21h57	
	GLADIZ SUNILDA MONCAYO ROMERO	0,02	0,015	19h16-21h57	
	JORGE ROBERTO ALVAREZ ORTIZ	5,13	4,10	19h16-21h57	
	JUAN PAULO ALVAREZ RODRIGUEZ	0,28	0,23	19h16-21h57	
	KLEVER JAIME CALDERON APOLO	0,02	0,012	19h16-21h57	
	MEDARDO GERMAN MONCAYO ROMERO	0,0002	0,00017	19h16-21h57	
	NORMAN IVAN CASTILLO CASTILLO	0,02	0,016	19h16-21h57	
	RONALD ALEXANDER ALVAREZ MONCADA	4,27	3,41	19h16-21h57	
	VICENTE ERNESTO BUSTAMANTE TORRES	1,81	1,45	19h16-21h57	
	WUILTON BENIGNO TORRES PALADINES	2,75	2,20	19h16-21h57	
ZI-50	DIOCESIS DE LOJA	1,70	1,66		6h00-8h51
	MARY EUGENIA CELI RIOFRIO	3,37	3,29		6h00-8h51
	SEGUNDO ALBERTO ROBLES GALVES	0,36	0,35		6h00-8h51
ZI-51	ALVAREZ SOTO LUIS ERNESTO	0,85	0,97		8h51-13h58
	CARMEN PIEDAD MONCAYO ROMERO	0,13	0,15		8h51-13h58
	CARMEN ROSA MONCAYO FLORES	0,15	0,17		8h51-13h58
	DIOCESIS DE LOJA	0,10	0,11		8h51-13h58
	DOLORES TARGELIA MONCAYO ROMERO	0,14	0,16		8h51-13h58
	FRANCISCO ENRIQUE ALVAREZ SOTO	0,01	0,02		8h51-13h58
	FRANCO LUIS FRIAS VITERI	0,31	0,35		8h51-13h58
	GLADIZ SUNILDA MONCAYO ROMERO	0,28	0,32		8h51-13h58

JOSE MIGUEL MONCAYO ROMERO	0,18	0,20	8h51-13h58
LUIS FLABERTO MONCAYO ROMERO	0,13	0,14	8h51-13h58
MEDARDO GERMAN MONCAYO ROMERO	0,33	0,38	8h51-13h58
ROBERTO MONCAYO ROMERO	0,19	0,22	8h51-13h58
SEGUNDO ALBERTO ROBLES GALVES	4,78	5,45	8h51-13h58
VICENTE ERNESTO BUSTAMANTE TORRES	0,16	0,19	8h51-13h58

Anexo 9. *Lamina neta para las series de suelos del sistema de riego Zapotillo*

	Ln (mm)																					
Serie de suelos	**Cebolla**	**Tomate**	**Melón**	**Sandía**	**Camote**	**Fréjol**	**Maní**	**Soya**	**Maíz**	**Arroz**	**Banano**	**Maracuya**	**Coco**	**Aguacate**	**Moringa**	**Mango**	**Citricos**	**Guanabana**	**Papaya**	**Pastos**	**Tamarindo**	**Uva**
P porcentaje de agotamiento	**0,35**	**0,40**	**0,45**	**0,40**	**0,65**	**0,45**	**0,50**	**0,50**	**0,55**	**0,80**	**0,35**	**0,35**	**0,55**	**0,50**	**0,40**	**0,40**	**0,50**	**0,50**	**0,40**	**0,55**	**0,40**	**0,35**
Limones	38,1	43,5	48,9	43,5	70,7	48,9	54,4	54,4	59,8		38,1	38,1	59,8	54,4		43,5	54,4	54,4	43,5	59,8	43,5	38,1
Alamor	34,5	39,5	44,4	39,5	64,2	44,4	49,3	49,3	54,3		34,5	34,5	54,3	49,3		39,5	49,3	49,3	39,5	54,3	39,5	34,5
Chira	10,3	11,7	13,2	11,7	19,1	13,2	14,7	14,7	16,1		10,3	10,3	16,1	14,7		11,7	14,7	14,7	11,7	16,1	11,7	10,3
Mancora	15,6	17,9	20,1	17,9	29,0	20,1	22,3	22,3	24,5		15,6	15,6	24,5	22,3		17,9	22,3	22,3	17,9	24,5	17,9	15,6
Tamarindo	12,2	13,9	15,7	13,9	22,6	15,7	17,4	17,4	19,1		12,2	12,2		17,4		13,9	17,4	17,4	13,9	19,1	13,9	12,2
Valle Hermoso	20,2	23,1	26,0	23,1	37,6	26,0	28,9	28,9	31,8		20,2	20,2	31,8	28,9		23,1	28,9	28,9	23,1	31,8	23,1	20,2
Garzaguachana	36,2	41,4	46,6	41,4	67,3	46,6	51,8	51,8	56,9		36,2	36,2		51,8		41,4	51,8	51,8	41,4	56,9	41,4	36,2
Corregidor	30,0	34,3	38,6	34,3	55,8	38,6	42,9	42,9	47,2		30,0	30,0		42,9		34,3	42,9	42,9	34,3	47,2	34,3	30,0
Pitayo	9,2	10,5	11,8	10,5	17,1	11,8	13,2	13,2	14,5		9,2	9,2		13,2		10,5	13,2	13,2	10,5	14,5	10,5	9,2
La Ceiba	23,7	27,1	30,5	27,1	44,1	30,5	33,9	33,9	37,3		23,7	23,7		33,9		27,1	33,9	33,9	27,1	37,3	27,1	23,7
Chambarango	42,2	48,2	54,3	48,2	78,4	54,3	60,3	60,3	66,3		42,2	42,2		60,3		48,2	60,3	60,3	48,2	66,3	48,2	42,2
Achiote	20,7	23,7	26,7	23,7	38,5	26,7	29,6	29,6	32,6		20,7	20,7		29,6		23,7	29,6	29,6	23,7	32,6	23,7	20,7
Huasimo	15,3	17,5	19,7	17,5	28,4	19,7	21,9	21,9	24,0		15,3	15,3		21,9		17,5	21,9	21,9	17,5	24,0	17,5	15,3
Huasimo	15,3	17,5	19,7	17,5	28,4	19,7	21,9	21,9	24,0		15,3	15,3		21,9		17,5	21,9	21,9	17,5	24,0	17,5	15,3
Jiménez	17,6	20,1	22,7	20,1	32,7	22,7	25,2	25,2	27,7		17,6	17,6		25,2		20,1	25,2	25,2	20,1	27,7	20,1	17,6
Camachos						22,2						17,3		24,7	19,7	19,7	24,7	24,7	19,7	27,1	19,7	17,3
Camachos						22,2						17,3		24,7	19,7	19,7	24,7	24,7	19,7	27,1	19,7	17,3
Ceiba Vieja										74,6												
Ceiba Vieja										74,6												
Ceiba chica										102,1												
Ceiba chica										102,1												
Ceiba Grande										100,0												
Pitayo						11,8						9,2		13,2	10,5	10,5	13,2	13,2	10,5	14,5	10,5	9,2
Zapallal			27,5	24,4		27,5			33,6			21,4		30,5	24,4	24,4	30,5	30,5	24,4	33,6	24,4	21,4
Zapote										49,4												
Pampa Blanca						11,8						9,2		13,2	10,5	10,5	13,2	13,2	10,5	14,5	10,5	9,2
Pampa Blanca						11,8						9,2		13,2	10,5	10,5	13,2	13,2	10,5	14,5	10,5	9,2
Briones			20,5	18,2		20,5			25,1			15,9	25,1	22,8	18,2	18,2	22,8	22,8	18,2	25,1	18,2	15,9
Romero						34,7						27,0	42,4	38,5	30,8	30,8	38,5	38,5	30,8	42,4	30,8	27,0
Tronco Quemado			20,5	18,2		20,5			25,1			16,0	25,1	22,8	18,2	18,2	22,8	22,8	18,2	25,1	18,2	16,0
Tronco Quemado						20,5						16,0		22,8	18,2	18,2	22,8	22,8	18,2	25,1	18,2	16,0
Tronco Quemado						20,5						16,0		22,8	18,2	18,2	22,8	22,8	18,2	25,1	18,2	16,0
Hualtaco			14,5	12,9		14,5			17,7			11,3	17,7	16,1	12,9	12,9	16,1	16,1	12,9	17,7	12,9	11,3
Hualtaco						14,5						11,3		16,1	12,9	12,9	16,1	16,1	12,9	17,7	12,9	11,3
Jiménez						22,7						17,6		25,2	20,1	20,1	25,2	25,2	20,1	27,7	20,1	17,6

Anexo 10. *Lamina bruta por el método de riego gravedad para las series de suelos del sistema de riego Zapotillo*

	Lb (mm) Gravedad																					
Serie de suelos	**Cebolla**	**Tomate**	**Melón**	**Sandía**	**Camote**	**Fréjol**	**Maní**	**Soya**	**Maíz**	**Arroz**	**Banano**	**Maracuya**	**Coco**	**Aguacate**	**Moringa**	**Mango**	**Citricos**	**Guanabana**	**Papaya**	**Pastos**	**Tamarindo**	**Uva**
Limones	63,4	72,5	81,5	72,5	117,8	81,5	90,6	90,6	99,7		63,4	63,4	99,7	90,6		72,5	90,6	90,6	72,5	99,7	72,5	63,4
Alamor	57,6	65,8	74,0	65,8	106,9	74,0	82,2	82,2	90,5		57,6	57,6	90,5	82,2		65,8	82,2	82,2	65,8	90,5	65,8	57,6
Chira	17,1	19,6	22,0	19,6	31,8	22,0	24,5	24,5	26,9		17,1	17,1	26,9	24,5		19,6	24,5	24,5	19,6	26,9	19,6	17,1
Mancora	26,0	29,8	33,5	29,8	48,3	33,5	37,2	37,2	40,9		26,0	26,0	40,9	37,2		29,8	37,2	37,2	29,8	40,9	29,8	26,0
Tamarindo	20,3	23,2	26,1	23,2	37,7	26,1	29,0	29,0	31,9		20,3	20,3		29,0		23,2	29,0	29,0	23,2	31,9	23,2	20,3
Valle Hermoso	33,7	38,5	43,3	38,5	62,6	43,3	48,2	48,2	53,0		33,7	33,7	53,0	48,2		38,5	48,2	48,2	38,5	53,0	38,5	33,7
Garzaguachana	60,4	69,0	77,6	69,0	112,2	77,6	86,3	86,3	94,9		60,4	60,4		86,3		69,0	86,3	86,3	69,0	94,9	69,0	60,4
Corregidor	50,1	57,2	64,4	57,2	93,0	64,4	71,5	71,5	78,7		50,1	50,1		71,5		57,2	71,5	71,5	57,2	78,7	57,2	50,1
Pitayo	15,4	17,5	19,7	17,5	28,5	19,7	21,9	21,9	24,1		15,4	15,4		21,9		17,5	21,9	21,9	17,5	24,1	17,5	15,4
La Ceiba	39,6	45,2	50,9	45,2	73,5	50,9	56,5	56,5	62,2		39,6	39,6		56,5		45,2	56,5	56,5	45,2	62,2	45,2	39,6
Chambarango	70,3	80,4	90,4	80,4	130,6	90,4	100,5	100,5	110,5		70,3	70,3		100,5		80,4	100,5	100,5	80,4	110,5	80,4	70,3
Achiote	34,6	39,5	44,4	39,5	64,2	44,4	49,4	49,4	54,3		34,6	34,6		49,4		39,5	49,4	49,4	39,5	54,3	39,5	34,6
Huasimo	25,5	29,1	32,8	29,1	47,4	32,8	36,4	36,4	40,1		25,5	25,5		36,4		29,1	36,4	36,4	29,1	40,1	29,1	25,5
Huasimo	25,5	29,1	32,8	29,1	47,4	32,8	36,4	36,4	40,1		25,5	25,5		36,4		29,1	36,4	36,4	29,1	40,1	29,1	25,5
Jiménez	29,4	33,6	37,8	33,6	54,6	37,8	42,0	42,0	46,2		29,4	29,4		42,0		33,6	42,0	42,0	33,6	46,2	33,6	29,4
Camachos						37,0						28,8		41,1	32,9	32,9	41,1	41,1	32,9	45,2	32,9	28,8
Camachos						37,0						28,8		41,1	32,9	32,9	41,1	41,1	32,9	45,2	32,9	28,8
Ceiba Vieja										124,3												
Ceiba Vieja										124,3												
Ceiba chica										170,2												
Ceiba chica										170,2												
Ceiba Grande										166,7												
Pitayo						19,7						15,4		21,9	17,5	17,5	21,9	21,9	17,5	24,1	17,5	15,4
Zapallal			45,8	40,7		45,8			56,0			35,6		50,9	40,7	40,7	50,9	50,9	40,7	56,0	40,7	35,6
Zapote						-				82,3												
Pampa Blanca						19,7						15,4		21,9	17,5	17,5	21,9	21,9	17,5	24,1	17,5	15,4
Pampa Blanca						19,7						15,4		21,9	17,5	17,5	21,9	21,9	17,5	24,1	17,5	15,4
Briones			34,2	30,4		34,2			41,8			26,6	41,8	38,0	30,4	30,4	38,0	38,0	30,4	41,8	30,4	26,6
Romero			-	-		57,8						44,9	70,6	64,2	51,3	51,3	64,2	64,2	51,3	70,6	51,3	44,9
Tronco Quemado			34,2	30,4		34,2			41,8			26,6	41,8	38,0	30,4	30,4	38,0	38,0	30,4	41,8	30,4	26,6
Tronco Quemado						34,2						26,6		38,0	30,4	30,4	38,0	38,0	30,4	41,8	30,4	26,6
Tronco Quemado						34,2						26,6		38,0	30,4	30,4	38,0	38,0	30,4	41,8	30,4	26,6
Hualtaco			24,1	21,5		24,1			29,5			18,8	29,5	26,8	21,5	21,5	26,8	26,8	21,5	29,5	21,5	18,8
Hualtaco						24,1						18,8		26,8	21,5	21,5	26,8	26,8	21,5	29,5	21,5	18,8
Jiménez						37,8						29,4		42,0	33,6	33,6	42,0	42,0	33,6	46,2	33,6	29,4

Anexo 11. *Lamina bruta por el método de riego aspersión para las series de suelos del sistema de riego Zapotillo*

	Lb (mm) Aspersion																					
Serie de suelos	**Cebolla**	**Tomate**	**Melón**	**Sandía**	**Camote**	**Fréjol**	**Maní**	**Soya**	**Maíz**	**Arroz**	**Banano**	**Maracuya**	**Coco**	**Aguacate**	**Moringa**	**Mango**	**Citricos**	**Guanabana**	**Papaya**	**Pastos**	**Tamarindo**	**Uva**
Limones	50,7	58,0	65,2	58,0	94,2	65,2	72,5	72,5	79,7		50,7	50,7	79,7	72,5		58,0	72,5	72,5	58,0	79,7	58,0	50,7
Alamor	46,1	52,6	59,2	52,6	85,5	59,2	65,8	65,8	72,4		46,1	46,1	72,4	65,8		52,6	65,8	65,8	52,6	72,4	52,6	46,1
Chira	13,7	15,7	17,6	15,7	25,4	17,6	19,6	19,6	21,5		13,7	13,7	21,5	19,6		15,7	19,6	19,6	15,7	21,5	15,7	13,7
Mancora	20,8	23,8	26,8	23,8	38,7	26,8	29,8	29,8	32,7		20,8	20,8	32,7	29,8		23,8	29,8	29,8	23,8	32,7	23,8	20,8
Tamarindo	16,2	18,6	20,9	18,6	30,2	20,9	23,2	23,2	25,5		16,2	16,2		23,2		18,6	23,2	23,2	18,6	25,5	18,6	16,2
Valle Hermoso	27,0	30,8	34,7	30,8	50,1	34,7	38,5	38,5	42,4		27,0	27,0	42,4	38,5		30,8	38,5	38,5	30,8	42,4	30,8	27,0
Garzaguachana	48,3	55,2	62,1	55,2	89,7	62,1	69,0	69,0	75,9		48,3	48,3		69,0		55,2	69,0	69,0	55,2	75,9	55,2	48,3
Corregidor	40,1	45,8	51,5	45,8	74,4	51,5	57,2	57,2	63,0		40,1	40,1		57,2		45,8	57,2	57,2	45,8	63,0	45,8	40,1
Pitayo	12,3	14,0	15,8	14,0	22,8	15,8	17,5	17,5	19,3		12,3	12,3		17,5		14,0	17,5	17,5	14,0	19,3	14,0	12,3
La Ceiba	31,6	36,2	40,7	36,2	58,8	40,7	45,2	45,2	49,7		31,6	31,6		45,2		36,2	45,2	45,2	36,2	49,7	36,2	31,6
Chambarango	56,3	64,3	72,4	64,3	104,5	72,4	80,4	80,4	88,4		56,3	56,3		80,4		64,3	80,4	80,4	64,3	88,4	64,3	56,3
Achiote	27,6	31,6	35,5	31,6	51,3	35,5	39,5	39,5	43,4		27,6	27,6		39,5		31,6	39,5	39,5	31,6	43,4	31,6	27,6
Huasimo	20,4	23,3	26,2	23,3	37,9	26,2	29,1	29,1	32,1		20,4	20,4		29,1		23,3	29,1	29,1	23,3	32,1	23,3	20,4
Huasimo	20,4	23,3	26,2	23,3	37,9	26,2	29,1	29,1	32,1		20,4	20,4		29,1		23,3	29,1	29,1	23,3	32,1	23,3	20,4
Jiménez	23,5	26,9	30,2	26,9	43,6	30,2	33,6	33,6	36,9		23,5	23,5		33,6		26,9	33,6	33,6	26,9	36,9	26,9	23,5
Camachos						29,6						23,0		32,9	26,3	26,3	32,9	32,9	26,3	36,2	26,3	23,0
Camachos						29,6						23,0		32,9	26,3	26,3	32,9	32,9	26,3	36,2	26,3	23,0
Ceiba Vieja										99,4												
Ceiba Vieja										99,4												
Ceiba chica										136,2												
Ceiba chica										136,2												
Ceiba Grande										133,3												
Pitayo						15,8						12,3		17,5	14,0	14,0	17,5	17,5	14,0	19,3	14,0	12,3
Zapallal			36,6	32,6		36,6			44,8			28,5		40,7	32,6	32,6	40,7	40,7	32,6	44,8	32,6	28,5
Zapote										65,9												
Pampa Blanca						15,8						12,3		17,5	14,0	14,0	17,5	17,5	14,0	19,3	14,0	12,3
Pampa Blanca						15,8						12,3		17,5	14,0	14,0	17,5	17,5	14,0	19,3	14,0	12,3
Briones			27,3	24,3		27,3			33,4			21,3	33,4	30,4	24,3	24,3	30,4	30,4	24,3	33,4	24,3	21,3
Romero						46,2						35,9	56,5	51,3	41,1	41,1	51,3	51,3	41,1	56,5	41,1	35,9
Tronco Quemado			27,4	24,3		27,4			33,4			21,3	33,4	30,4	24,3	24,3	30,4	30,4	24,3	33,4	24,3	21,3
Tronco Quemado						27,4						21,3		30,4	24,3	24,3	30,4	30,4	24,3	33,4	24,3	21,3
Tronco Quemado						27,4						21,3		30,4	24,3	24,3	30,4	30,4	24,3	33,4	24,3	21,3
Hualtaco			19,3	17,2		19,3			23,6			15,0	23,6	21,5	17,2	17,2	21,5	21,5	17,2	23,6	17,2	15,0
Hualtaco						19,3						15,0		21,5	17,2	17,2	21,5	21,5	17,2	23,6	17,2	15,0
Jiménez						30,2						23,5		33,6	26,9	26,9	33,6	33,6	26,9	36,9	26,9	23,5

Anexo 12. *Lamina bruta por el método de riego goteo para las series de suelos del sistema de riego Zapotillo*

	Lb (mm) Goteo																					
Serie de suelos	**Cebolla**	**Tomate**	**Melón**	**Sandía**	**Camote**	**Fréjol**	**Maní**	**Soya**	**Maíz**	**Arroz**	**Banano**	**Maracuya**	**Coco**	**Aguacate**	**Moringa**	**Mango**	**Citricos**	**Guanabana**	**Papaya**	**Pastos**	**Tamarindo**	**Uva**
Limones	42,3	48,3	54,4	48,3	78,5	54,4	60,4	60,4	66,4		42,3	42,3	66,4	60,4		48,3	60,4	60,4	48,3	66,4	48,3	42,3
Alamor	38,4	43,9	49,3	43,9	71,3	49,3	54,8	54,8	60,3		38,4	38,4	60,3	54,8		43,9	54,8	54,8	43,9	60,3	43,9	38,4
Chira	11,4	13,0	14,7	13,0	21,2	14,7	16,3	16,3	17,9		11,4	11,4	17,9	16,3		13,0	16,3	16,3	13,0	17,9	13,0	11,4
Mancora	17,4	19,8	22,3	19,8	32,2	22,3	24,8	24,8	27,3		17,4	17,4	27,3	24,8		19,8	24,8	24,8	19,8	27,3	19,8	17,4
Tamarindo	13,5	15,5	17,4	15,5	25,1	17,4	19,3	19,3	21,3		13,5	13,5		19,3		15,5	19,3	19,3	15,5	21,3	15,5	13,5
Valle Hermoso	22,5	25,7	28,9	25,7	41,7	28,9	32,1	32,1	35,3		22,5	22,5	35,3	32,1		25,7	32,1	32,1	25,7	35,3	25,7	22,5
Garzaguachana	40,3	46,0	51,8	46,0	74,8	51,8	57,5	57,5	63,3		40,3	40,3		57,5		46,0	57,5	57,5	46,0	63,3	46,0	40,3
Corregidor	33,4	38,2	42,9	38,2	62,0	42,9	47,7	47,7	52,5		33,4	33,4		47,7		38,2	47,7	47,7	38,2	52,5	38,2	33,4
Pitayo	10,2	11,7	13,2	11,7	19,0	13,2	14,6	14,6	16,1		10,2	10,2		14,6		11,7	14,6	14,6	11,7	16,1	11,7	10,2
La Ceiba	26,4	30,1	33,9	30,1	49,0	33,9	37,7	37,7	41,4		26,4	26,4		37,7		30,1	37,7	37,7	30,1	41,4	30,1	26,4
Chambarango	46,9	53,6	60,3	53,6	87,1	60,3	67,0	67,0	73,7		46,9	46,9		67,0		53,6	67,0	67,0	53,6	73,7	53,6	46,9
Achiote	23,0	26,3	29,6	26,3	42,8	29,6	32,9	32,9	36,2		23,0	23,0		32,9		26,3	32,9	32,9	26,3	36,2	26,3	23,0
Huasimo	17,0	19,4	21,9	19,4	31,6	21,9	24,3	24,3	26,7		17,0	17,0		24,3		19,4	24,3	24,3	19,4	26,7	19,4	17,0
Huasimo	17,0	19,4	21,9	19,4	31,6	21,9	24,3	24,3	26,7		17,0	17,0		24,3		19,4	24,3	24,3	19,4	26,7	19,4	17,0
Jiménez	19,6	22,4	25,2	22,4	36,4	25,2	28,0	28,0	30,8		19,6	19,6		28,0		22,4	28,0	28,0	22,4	30,8	22,4	19,6
Camachos						24,7						19,2		27,4	21,9	21,9	27,4	27,4	21,9	30,1	21,9	19,2
Camachos						24,7						19,2		27,4	21,9	21,9	27,4	27,4	21,9	30,1	21,9	19,2
Ceiba Vieja										82,9												
Ceiba Vieja										82,9												
Ceiba chica										113,5												
Ceiba chica										113,5												
Ceiba Grande										111,1												
Pitayo						13,2						10,2		14,6	11,7	11,7	14,6	14,6	11,7	16,1	11,7	10,2
Zapallal			30,5	27,1		30,5			37,3			23,8		33,9	27,1	27,1	33,9	33,9	27,1	37,3	27,1	23,8
Zapote										54,9												
Pampa Blanca						13,2						10,2		14,6	11,7	11,7	14,6	14,6	11,7	16,1	11,7	10,2
Pampa Blanca						13,2						10,2		14,6	11,7	11,7	14,6	14,6	11,7	16,1	11,7	10,2
Briones			22,8	20,2		22,8			27,8			17,7	27,8	25,3	20,2	20,2	25,3	25,3	20,2	27,8	20,2	17,7
Romero			-	-		38,5			-			29,9	47,1	42,8	34,2	34,2	42,8	42,8	34,2	47,1	34,2	29,9
Tronco Quemado			22,8	20,3		22,8			27,9			17,7	27,9	25,3	20,3	20,3	25,3	25,3	20,3	27,9	20,3	17,7
Tronco Quemado						22,8						17,7		25,3	20,3	20,3	25,3	25,3	20,3	27,9	20,3	17,7
Tronco Quemado						22,8						17,7		25,3	20,3	20,3	25,3	25,3	20,3	27,9	20,3	17,7
Hualtaco			16,1	14,3		16,1			19,7			12,5	19,7	17,9	14,3	14,3	17,9	17,9	14,3	19,7	14,3	12,5
Hualtaco						16,1						12,5		17,9	14,3	14,3	17,9	17,9	14,3	19,7	14,3	12,5
Jiménez						25,2						19,6		28,0	22,4	22,4	28,0	28,0	22,4	30,8	22,4	19,6

Anexo 13. *Frecuencias de riego para las series de suelos del sistema de riego Zapotillo*

	Frecuencia de riego (dias)																					
Serie de suelos	**Cebolla**	**Tomate**	**Melón**	**Sandía**	**Camote**	**Fréjol**	**Maní**	**Soya**	**Maíz**	**Arroz**	**Banano**	**Maracuya**	**Coco**	**Aguacate**	**Moringa**	**Mango**	**citricos**	**Guanabana**	**Papaya**	**Pastos**	**Tamarindo**	**Uva**
Limones	8	8	12	11	12	9	9	9	10		6	10	15	13		14	16	18	9	11	14	11
Alamor	7	8	11	10	11	8	8	9	9		6	9	13	12		13	15	16	8	10	13	10
Chira	2	2	3	3	3	2	3	3	3		2	3	4	4		4	4	5	2	3	4	3
Mancora	3	3	5	4	5	4	4	4	4		3	4	6	5		6	7	7	4	5	6	4
Tamarindo	2	3	4	3	4	3	3	3	3		2	3		4		5	5	6	3	4	5	3
Valle Hermoso	4	4	6	6	6	5	5	5	5		3	5	8	7		8	9	9	5	6	8	6
Garzaguachana	7	8	12	10	12	8	9	9	9		6	10		12		14	16	17	8	11	14	10
Corregidor	6	7	10	9	10	7	7	7	8		5	8		10		11	13	14	7	9	11	8
Pitayo	2	2	3	3	3	2	2	2	2		2	2		3		3	4	4	2	3	3	3
La Ceiba	5	5	8	7	8	5	6	6	6		4	6		8		9	10	11	5	7	9	7
Chambarango	9	9	14	12	13	10	10	10	11		7	11		14		16	18	20	10	13	16	12
Achiote	4	5	7	6	7	5	5	5	5		3	5		7		8	9	10	5	6	8	6
Huasimo	3	3	5	4	5	3	4	4	4		3	4		5		6	7	7	3	5	6	4
Huasimo	3	3	5	4	5	3	4	4	4		3	4		5		6	7	7	3	5	6	4
Jiménez	4	4	6	5	6	4	4	4	5		3	5		6		7	8	8	4	5	7	5
Camachos						4						5		6	6	6	7	8	4	5	7	5
Camachos						4						5		6	6	6	7	8	4	5	7	5
Ceiba Vieja										12												
Ceiba Vieja										12												
Ceiba chica										17												
Ceiba chica										17												
Ceiba Grande										16												
Pitayo						2						2		3	3	3	4	4	2	3	3	3
Zapallal			7	6		5			6			6		7	8	8	9	10	5	6	8	6
Zapote										8												
Pampa Blanca						2						2		3	3	3	4	4	2	3	3	3
Pampa Blanca						2						2		3	3	3	4	4	2	3	3	3
Briones			5	5		4			4			4	6	5	6	6	7	7	4	5	6	4
Romero						6						7	10	9	10	10	12	13	6	8	10	8
Tronco Quemado			5	5		4			4			4	6	5	6	6	7	7	4	5	6	4
Tronco Quemado						4						4		5	6	6	7	7	4	5	6	4
Tronco Quemado						4						4		5	6	6	7	7	4	5	6	4
Hualtaco			4	3		3			3			3	4	4	4	4	5	5	3	3	4	3
Hualtaco						3						3		4	4	4	5	5	3	3	4	3
Jiménez						4						5		6	7	7	8	8	4	5	7	5

Anexo 14. *Tiempo de riego para las series de suelos del sistema de riego Zapotillo*

	Tiempo de riego (horas)																					
Serie de suelos	**Cebolla**	**Tomate**	**Melón**	**Sandía**	**Camote**	**Fréjol**	**Maní**	**Soya**	**Maíz**	**Arroz**	**Banano**	**Maracuya**	**Coco**	**Aguacate**	**Moringa**	**Mango**	**Citricos**	**Guanabana**	**Papaya**	**Pastos**	**Tamarindo**	**Uva**
Limones	4	4	5	4	7	5	5	5	6		4	4	6	5		4	5	5	4	6	4	4
Alamor	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Chira	3	3	4	3	5	4	4	4	4		3	3	4	4		3	4	4	3	4	3	3
Mancora	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Tamarindo	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0		0		0	0	0	0	0	0	0
Valle Hermoso	2	3	3	3	5	3	4	4	4		2	2	4	4		3	4	4	3	4	3	2
Garzaguachana	4	4	5	4	7	5	5	5	6		4	4		5		4	5	5	4	6	4	4
Corregidor	4	5	6	5	8	6	6	6	7		4	4		6		5	6	6	5	7	5	4
Pitayo	1	1	1	1	2	1	1	1	1		1	1		1		1	1	1	1	1	1	1
La Ceiba	8	9	10	9	15	10	11	11	12		8	8		11		9	11	11	9	12	9	8
Chambarango	4	5	6	5	8	6	6	6	7		4	4		6		5	6	6	5	7	5	4
Achiote	0	0	1	0	1	1	1	1	1		0	0		1		0	1	1	0	1	0	0
Huasimo	0	0	0	0	1	0	1	1	1		0	0		1		0	1	1	0	1	0	0
Huasimo	0	0	0	0	1	0	1	1	1		0	0		1		0	1	1	0	1	0	0
Jiménez	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0		0		0	0	0	0	0	0	0
Camachos						5						4		5	4	4	5	5	4	6	4	4
Camachos						5						4		5	4	4	5	5	4	6	4	4
Ceiba Vieja										17												
Ceiba Vieja										20												
Ceiba chica										10												
Ceiba chica										103												
Ceiba Grande										100												
Pitayo						12						9		13	11	11	13	13	11	15	11	9
Zapallal			28	25		28			34			21		31	25	25	31	31	25	34	25	21
Zapote										13												
Pampa Blanca						0						0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pampa Blanca						0						0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Briones			0	0		0			1			0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Romero			-	-		1			-			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tronco Quemado			0	0		0			1			0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Tronco Quemado						0						0		1	0	0	1	1	0	1	0	0
Tronco Quemado						0						0		1	0	0	1	1	0	1	0	0
Hualtaco			1	1		1			1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hualtaco						0						0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jiménez						0						0		0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 15. *Registro fotográfico*

Figura 1. Partidor 1C – 3IC

Figura 2. Cultivo de arroz sector 1

Figura 3. Final de infraestructura del canal

Figura 4. Red 3 – IC (Sector 3)

Figura 5. Zona de riego

Anexo 16. Certificación de traducción del Abstract

Loja, 14 de diciembre de 2022

CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN

Yo, Nadine Alejandra Narváez Tapia, con número de cédula 1150753067 y con título de Licenciada en Ciencias de la Educación, Mención Inglés, registrado en el SENESCYT con número 1008-2019-2144786

CERTIFICO:

Qué he realizado la traducción de español al idioma Inglés del resumen del presente trabajo de integración curricular o de titulación denominado **"Estimación de los requirimientos hídricos de los cultivos del sistema de riego Zapotillo, provincia de Loja".** de autoría de **Diego Alcivar Sánchez Alejandro,** portador de la cédula de identidad, número **1150213484**, estudiante de la carrera de Ingeniería Agrícola de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, siendo el mismo verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que se creyera conveniente.

NADINE
ALEJANDRA
NARVAEZ TAPIA

Lic. Nadine Alejandra Narváez Tapia
C.I: 1150753067
Registro del SENESCYT: 1008-2019-2144786