



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Dr. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS
DE RIEGO PRESURIZADO MEDIANTE EL MÉTODO
POLINOMIAL PARA EL CULTIVO DE CACAO**
TRABAJO INVESTIGATIVO

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR
VELAZCO FRANCO SEBASTIÁN ALFREDO

TUTOR
ING. RODRÍGUEZ JARAMA FANNY, MSc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2023



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Dr. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, ING. RODRÍGUEZ JARAMA FANNY, MSc, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: ELVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADOS MEDIANTE EL MÉTODO POLINOMIAL PARA EL CULTIVO DE CACAO, realizado por el estudiante VELAZCO FRANCO SEBASTIÁN ALFREDO; con cédula de identidad N°0927508440 de la carrera INGENIERIA AGRONÓMICA, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Firma del Tutor
Ing. Rodríguez Jarama Fanny, Msc.

Guayaquil, 25 de enero del 2023



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Dr. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADOS MEDIANTE EL MÉTODO POLINOMIAL PARA EL CULTIVO DE CACAO", realizado por el estudiante VELAZCO FRANCO SEBASTIAN ALFREDO, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Víctor Iler Santos, MSc

PRESIDENTE

Ing. Kléber Medina Rodríguez, MSc

EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Freddy Veliz Piguave, MSc

EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Rodríguez Jarama Fanny, MSc

EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 25 de enero del 2023

Dedicatoria

A mi familia en especial a mis padres y hermanos que han estado conmigo en todas las circunstancias de mi vida, que a pesar de los problemas hemos salido adelante como familia les dedico mis logros.

Agradecimiento

A Dios, por la salud por lo que me ha brindado, paz y permitirme culminar mis estudios junto a mi familia.

A mis padres que me han ayudado en el cumplimiento de mis metas, por la educación, valores y personalidad.

En especial manera a mi querida tutora Ing. Fanny Rodríguez, por la paciencia y la ayuda que me brinda en cada día hasta fuera de lo profesional.

A nuestra institución la Universidad Agraria del Ecuador, gracias a nuestro Rector vitalicio Ing. Jacobo Bucaram Ortiz y la Rectora Ing. Martha Bucaram de Jorgge por permitirme culminar mis estudios y por las palabras de apoyo.

Por último, a los destacados miembros de mi tribunal: Ing. Víctor Iller Santos, Ing. Kleber Medina Rodríguez, Ing. Freddy Veliz Piguave que me han dirigido durante el desarrollo de mi tesis.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **VELAZCO FRANCO SEBASTIÁN ALFREDO**, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre **“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADO MEDIANTE EL METODO POLINOMIAL PARA EL CULTIVO DE CACAO”** para optar el título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 10 de enero del 2023

VELAZCO FRANCO SEBASTIÁN ALFREDO
C.I. 0927508440

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
DEDICATORIA	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general	7
Índice de tablas	11
Resumen	13
Abstract.....	14
1. Introducción.....	15
1.1 Antecedentes del problema.....	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema	16
1.2.1 Planteamiento del problema.....	16
1.2.2 Formulación del problema.....	16
1.3 Justificación de la investigación	17
1.4 Delimitación de la investigación	17
1.5 Objetivo general	17
1.6 Objetivos específicos.....	17
1.7 Hipótesis	18
2. Marco teórico.....	19
2.1 Estado del arte.....	19
2.2 Bases teóricas	20
2.2.1 Principales cultivos de la zona	21

2.2.2 Características climáticas de la zona	22
2.2.2.1. Precipitación.....	22
2.2.2.2. Temperatura	22
2.2.2.3. Velocidad del viento.....	22
2.2.2.4. Suelos	22
2.2.3 Sistema de riego.....	22
2.2.3.1. Sistema de riego presurizado	23
2.2.3.2. Sistema de riego	23
2.2.3.3. Ventajas de un sistema de riego.....	23
2.2.3.4. Desventajas del riego	23
2.2.3.5. Capacidad de Campo.....	23
2.2.3.6. Punto de Marchitez Permanente	24
2.2.4 Índice de Kc del cultivo.....	24
2.2.4.1. Evapotranspiración del cultivo de referencia.....	24
2.2.4.2. Necesidades hídricas del cultivo	25
2.2.4.3. Cálculo de ETo	25
2.2.4.4. Densidad aparente	25
2.2.5 Evaluación de sistemas de riego presurizados.....	25
2.2.5.1. Riego Localizado.....	25
2.2.5.2. Análisis de los datos.....	26
2.2.5.3. Parámetros de análisis de eficiencia de riego.....	26
2.2.5.4. El factor de homogeneidad de Crhistiansen	26
2.2.5.5. Factor de uniformidad de distribución.....	27
2.2.5.6. Medidas de desempeño	27
2.3 Marco legal.....	27

3. Materiales y métodos	29
3.1 Enfoque de la investigación	29
3.1.1 Tipo de investigación	29
3.1.2 Diseño de investigación	29
3.1.2.1. Investigación descriptiva	29
3.1.2.2. Investigación explorativa	29
3.2 Metodología	29
3.2.1 Variables	29
3.2.1.1. Variable independiente	29
3.2.1.2. Variable dependiente	29
3.2.2 Dimensiones del predio	30
3.2.3 Sitio del proyecto	30
3.2.4 Recolección de datos	30
3.2.4.1. Recursos tecnológicos	30
3.2.4.2. Recursos universitarios	30
3.2.4.3. Recurso de equipos de oficina	30
3.2.4.4. Métodos y técnicas	30
3.2.4.4.1. Parámetros edafo – agronómicos	30
3.2.4.4.2. Establecer las condiciones del cultivo de cacao	31
3.2.4.4.3. Coeficiente de Uniformidad Christiansen (CU)	33
3.2.4.4.4. Coeficiente de Uniformidad Distribución (CU)	34
3.2.4.4.5. Ajuste de lámina de riego	36
3.2.4.4.6. Análisis estadístico	37
4. Resultados	38

4.2 Determinación el área adecuadamente irrigada de los sistemas de riego en estudio mediante el método polinomial.....	39
4.2.1 Turnos de riego de la finca del Ing. Julián Aguayo en Tenguel	39
4.2.2 Turnos de riego para la finca del Sr. Orlando Ojeda en Balao	40
4.3 Propuesta de las medidas correctivas en las distintas fincas para la entrega adecuada de la lámina de riego según el uso consuntivo del cultivo	41
4.3.1 Medidas correctivas para suministrar la lámina adecuada para la finca del Ing. Julián Aguayo	41
4.3.2 Medidas correctivas para suministrar la lámina adecuada para la finca del Sr. Orlando Ojeda.....	42
5. Discusión	44
6. Conclusiones.....	45
7. Recomendaciones.....	46
8. BIBLIOGRAFÍA.....	47
9. ANEXOS	52

Índice de tablas

Tabla 1. Datos edafoclimáticos de las fincas y del cultivo de cacao	38
Tabla 2. Turnos de riego de la finca del Ing. Julián Aguayo.....	40
Tabla 3. Turnos de riego para la finca del Sr. Orlando Ojeda	40
Tabla 4. Medidas correctivas de riego en la finca del Ing. Julián Aguayo en Tenguel	41
Tabla 5. Medidas correctivas de riego en la finca Sr. Orlando Ojeda en Balao	42
Tabla 6. Máximo porcentaje de agua aprovechable sugerido	52
Tabla 7. Marcos de plantación	52
Tabla 8. Caudal del emisor su función a su patrón de humedecimiento	52
Tabla 9. Patrón de humedecimiento	52
Tabla 10. Eficiencia del sistema.....	53
Tabla 11. Turnos y módulos de la finca de Tenguel.....	53
Tabla 12. Turnos y módulos de la finca de Balao	54

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica finca Julian Aguayo	54
Figura 2. Mapa de ubicación geográfica finca Orlando Ojeda	55
Figura3. Croquis del predio delimitado por módulos para la primera finca	55
Figura4. Croquis del predio delimitado por módulos para la segunda finca.....	56
Figura 5. Tabla del Dr. Eusebio para el primer turno (Tenguel)	57
Figura 6. Tabla del Dr. Eusebio Medrado para el segundo turno (Tenguel)	58
Figura 7. Tabla del Dr Eusebio Medrado para el tercer turno (Tenguel)	59
Figura 8. Tabla del Dr Eusebio Medrado para el primer turno (Balao).....	60
Figura 9. Tabla del Dr Eusebio Medrado para el segundo turno (Balao)	61
Figura 10. Tabla del Dr. Eusebio Medrado para el tercer turno (Balao).....	62
Figura 11. Análisis del suelo de Tenguel retención de humedad hecho por INIAP Santa Catalina.....	63
Figura 12. Análisis del suelo de Balao retención de humedad hecho por INIAP Santa Catalina.....	64

Resumen

El agua es un recurso natural renovable indispensable para la vida, que ocupa un porcentaje considerable del planeta, debido al uso inapropiado el agua se convierte en un recurso agotable o contaminado en una gran mayoría. El objetivo general es debido a la inapropiada gestión del recurso hídrico, se evaluaron dos zonas en la provincia del Guayas para determinar el exceso o deficiencia del sistema de riego para suministrar el agua en los turnos. La metodología utilizada mediante el método polinomial del Dr. Eusebio medrado se pudo evaluar el CUC, CUD, área adecuadamente irrigada y el tiempo de riego necesario, para suplir necesidades hídricas del cultivo dependiendo de la zona. Obteniendo en los resultados de las tablas que el suelo muestra una alta capacidad de almacenamiento hídrico y refleja un déficit de área adecuadamente irrigada, presentando áreas del módulo con déficit hídrico en su totalidad. El conocimiento de la información permite a agricultores de la zona programar una correcta gestión de la lámina de agua supliendo las necesidades hídricas del cultivo y tomar alternativas para medir el porcentaje de humedad retenida por los suelos mediante sensores de humedad.

Palabras clave: Agua, módulos, presión, riego, traslape.

Abstract

Water is a renewable natural resource indispensable for life, which occupies a considerable percentage of the planet, due to inappropriate majority. The general objective is due to the inappropriate management of water resources, two areas in the province of Guayas were evaluated to determine the excess or deficiency of the irrigation system or supply water in shifts. Methodology used by the polynomial method of Dr. Eusebio Medrado it was possible to evaluate the CUC, CUD, adequately irrigated area and the necessary irrigation time, to meet water needs of the crop depending on the area. Obtaining in the results of the tables that the soil shows a high capacity of water storage and reflects a deficit of adequately irrigated area, presenting areas of the module with water deficit in its entirety. The knowledge of the information allows farmers in the area to program a correct management of the water sheet supplying the water needs and take alternatives to measure the percentage of moisture retained by soils using moisture sensors.

Palabras clave: Water, modules, pressure, irrigation, overlap.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

El recurso hídrico dulce a nivel mundial representa un 3% del agua total disponible y en 70% del agua dulce está estrictamente dirigido a la agricultura, para su distribución la falta de herramientas tecnificadas se desconoce cuál es la lámina que requiere el cultivo (Aldia, 2020).

Ecuador posee una gran cantidad del recurso “agua”, por la zona en la que está ubicado, sin embargo, hacer un buen uso del recurso hídrico no está considerado como factible para los inversionistas, al contratar a un trabajador que le lleve agua de riego a todo su cultivo sin tomar en cuenta la importancia que tiene la uniformidad del sistema y solo por aparentar una zona mojada (Aldia, 2020).

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*), es uno de los representativos del mercado mundial, al ser uno de los cultivos predominantes al momento de hablar de exportaciones, ha permitido un sin número de investigaciones para lograr variedades resistentes a sequías, para mantener un fruto de calidad se debe tomar en cuenta las condiciones climatológicas de la zona a la cual el cultivo está siendo adaptado (Senplandes, 2012).

En el ajuste del riego es central el cálculo, al suministrar la cantidad correcta del agua y conocer el intervalo de riego. Por esta razón, los sistemas de riego presurizados se adaptan a diferentes topografías del terreno y contribuyen al acondicionamiento de la administración del agua, suministrando el recurso hídrico en dosis adecuadas que inciden en manera positiva en la producción (Vasquez & Buenaño, 2010).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Es conocido que la agricultura convencional aun no tecnificada, es conocido que el sistema de riego solo debe proporcionar agua en láminas de riego y no llevar un cálculo de uniformidad de la zona irrigada. Dentro de esta agricultura se encuentra el cultivo de cacao, sin el cálculo de CU no se sabe que tan uniforme está siendo el sistema de riego, que esta puede proporcionar una lámina de riego extra al suelo, creando problemas de exceso hídrico con el cual se ven afectados los rendimientos (Guadamu, 2019).

Bajo esta situación se encuentra las fincas de estudio compuestas de 30 hectáreas de cacao CCN51, en el cantón Tenguel provincia del Guayas, cuyo cálculo de láminas de riego han favorecido para que los rendimientos relativamente disminuyan, por otro lado, en la finca ubicada en el sector de Los Ríos presenta un déficit en retención de humedad al no tener un control mediante el cálculo de uniformidad. Surge la necesidad de un cálculo de uniformidad de riego que permita suplir este déficit y exceso hídrico y mantearse los rendimientos potenciales del cultivo, para lo cual será necesario el manejo eficiente del agua y de los demás recursos (Valdiviezo, 2018).

1.2.2 Formulación del problema

¿La evaluación de los sistemas de riego presurizados permitirá conocer el área adecuadamente irrigada del lugar y establecer el factor de adecuación para satisfacer las necesidades de riego del cultivo de manera más precisa?

1.3 Justificación de la investigación

La uniformidad del sistema de riego cuando este es instalado (puesta en marcha) presenta una esencialidad para mantener el cultivo de cacao (*Thebroma cacao*) en sus mejores condiciones (Guadamu, 2019).

Este sistema trata de simplificar y administrar correctamente las cantidades de agua al aplicar a las plantas, mediante un sistema de riego, es importante determinar cómo puede afectar en producción la falta de un sistema de riego y los parámetros agronómicos que necesita el cultivo en respuesta a la implementación del riego presurizado (Novagri, 2016)

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Se desarrolló en el Recinto San Rafael que queda pasando el puente de Tenguel a unos 3 Km de via, la ubicación de la segunda finca se desarrollará en Balao que está ubicada en la ruta a Balao en San Felipe.
- **Tiempo:** Se realizó en un periodo de seis meses, desde agosto del 2021 hasta febrero del 2022.
- **Población:** Agricultores de la zona y moradores con inquietudes de aprendizaje.

1.5 Objetivo general

Evaluar el funcionamiento de sistemas de riego presurizado mediante el método polinomial para el cultivo de cacao en dos fincas.

1.6 Objetivos específicos

- Establecer los parámetros edafo-climáticos de la finca y del cultivo de interés circunscrito a la necesidad hídrica, la capacidad de almacenamiento del suelo, al tiempo de riego y frecuencia de riego.

- Determinar el área adecuadamente irrigada de los sistemas de riego en estudio mediante el método polinomial.
- Proponer las medidas correctivas en las distintas fincas para la entrega adecuada de la lámina de riego según el uso consuntivo del cultivo.

1.7 Hipótesis

La situación económica de los propietarios de las fincas le da fácil acceso a un sistema de riego, al evaluar un sistema de riego presurizado, se podrá determinar las adecuaciones hídricas requeridas por los parámetros edafo-climáticos de la zona.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Ventajas e inconvenientes del riego presurizado. En el riego se aplica el agua en la proximidad de las plantas, a través de un número variable de puntos de emisión.

Mejor aprovechamiento del agua. Se ahorra entre un 40-60 % de agua con respecto a otros sistemas de riego (Arias, 2020).

Facilidad para realizar un riego, disminución del riesgo de enfermedades, reducción de la mano de obra, sobre todo porque disminuyen las malas hierbas al no humedecer la totalidad del suelo, disminución de la utilización de abonos y fitosanitarios Incremento de la productividad y de la calidad de los cultivos, riegos de alta frecuencia, facilita la automatización. Se puede utilizar en terrenos de mucha pendiente (Calva, 2011).

Inconvenientes

- Alto coste de instalación.
- Alto coste de mantenimiento
- Dificultad de dar lavados en profundidad
- Posibilidad de salinización del suelo
- Necesidad de mayor preparación técnica del agricultor
- Necesidad de fertilizantes totalmente solubles en agua
- Necesidad de alto grado de filtración

Sin embargo, el gran ahorro de agua que produce, permitiendo regar zonas áridas o semiáridas con escasez de agua o con agua de baja calidad, junto con la posibilidad de fertirriego, aumentando la calidad y cantidad de las cosechas, hace que el riego localizado por goteo sea cada vez más utilizado.

El reto de distribuir homogéneamente el agua en una parcela de cultivo no es tarea fácil. Durante el intento siempre se encuentran numerosas dificultades, las cuales al final de cuenta ocasionan una mala distribución y afectan fuertemente la producción de los cultivos. A pesar de que el suelo se asemeja a un depósito del cual las plantas se van nutriendo, el agua que contiene no se encuentra ni homogéneamente distribuida ni libremente disponible (Intagri, 2015).

La solución a este problema la han brindado los sistemas de riego tecnificados, los cuales tienen el objetivo de poner a disposición de las plantas el agua necesaria para su desarrollo y producción, a manera que estas no sufran déficit hídrico en ningún momento, que pudiera significar pérdidas en rendimiento y calidad. En particular, con el sistema de riego por goteo se consiguen las aplicaciones de agua más uniformes, seguido de la aspersion y por último el de gravedad.

Así mismo, la introducción comercial de nuevos accesorios, entre los que más se destacan los diferentes tipos de emisores, válvulas, tuberías, cintas de riego, filtros, unidades de fertilización y bombas, contribuyen cada vez con innovaciones de alta calidad para riegos localizados de alta frecuencia; tales como cintas de riego por goteo con control de flujo, goteros desarmables, goteros autocompensante y autodrenante, goteros de caudal ajustables, entre otros (Cobos, 2021).

2.2 Bases teóricas

Tenguel está ubicada en su mayor parte al sur de la provincia del Guayas y una pequeña porción que se extiende al norte de la provincia de El Oro. Su Topografía es plana con una leve inclinación hacia el Canal de Jambelí. La Temperatura media anual es de 25 grados centígrados. Durante el periodo seco de

junio a noviembre, es posible apreciar ligeras precipitaciones. Lluvias tenues en diciembre, alcanzando mayor intensidad en febrero, para luego ir decreciendo hasta junio. La cubierta vegetal original seguramente correspondió a la formación tropical estacionalmente húmeda. Actualmente se observan pastizales o hierbas altas y arbustos entremezclados con árboles (Cobos, 2021).

La parroquia Tenguel se asienta sobre un territorio cuyo suelo se ocupa en su parte central y oriental para producción agrícola, en su mayoría para el cultivo de banano, también para cultivo de cacao, café, cítricos y ciclo corto. También se encuentran territorios con pasto cultivado. En la parte nor occidental se encuentra vegetación arbustiva, mientras que en el cuadrante sur occidental la ocupación del territorio se da por las piscinas camaroneras. Se debe señalar que, en el filo costero, tanto en parte norte como en la parte sur existe remanente de manglar (UNIVERSIDAD DE SEVILLA, 2007).

El territorio parroquial está mayoritariamente intervenido por las actividades agrícolas, a través de varias décadas, así como por otras actividades que han modificado total o parcialmente las características naturales del entorno, tales como los asentamientos humanos: cabecera parroquial y sus recintos; las vías de comunicación, los cultivos agrícolas y las camaroneras (Tenguel, 2010).

2.2.1 Principales cultivos de la zona

La vegetación encontrada en el área de estudio está dominada por plantaciones de uso agrícola de ciclo corto, ornamentales y silvestres los cultivos se pudo observar el predios vacíos o desocupados, También se pudo observar: *Oryza sativa*, *Cordia lutea*, *Zea mays*, *Gynerium sagittatum*, *Heliconia marginata*, *Cnidoscous chayamans* (Tenguel, 2010)

2.2.2 Características climáticas de la zona

2.2.2.1. Precipitación

Es una zona climática lluviosa subtropical, su temperatura habitual es de unos 20 a 33 °C y a veces llega a los 38 °C. Las lluvias nacen mayoritariamente al este de la ciudad (Mario, 2015).

2.2.2.2. Temperatura

La temperatura media anual debe ser alrededor de los 25 °C., el cantón se adapta a las necesidades climatológicas que derivan a la temperatura con una mínima temperatura de 23 °C y una máxima de 33°C anualmente (FAO, 2010).

2.2.2.3. Velocidad del viento

Las velocidades medias anuales rodean los 0.6 m/s^2 , los cultivos se adaptan, estas velocidades son muy bajas y no afectarían en su crecimiento (Guadamu, 2019).

2.2.2.4. Suelos

La textura es franco limoso, es decir, 20% de arcilla, 60% de arena y 40% de limo. Requiere suelos bien estructurados con porosidad de 10 a 66%, con buena retención de humedad (Tenguel, 2010).

2.2.3 Sistema de riego

Los sistemas de riego son mecanismos que permiten desviar el agua desde su lugar de almacenamiento hasta los campos agrícolas, con la finalidad de incrementar el agua disponible para los cultivos e intensificar el rendimiento de los mismos, los sistemas de riego pueden ser; por gravedad, aspersores, micro aspersores y goteo (Ogasawara, 2017).

2.2.3.1. Sistema de riego presurizado

Los sistemas de riego presurizado son considerados sistemas localizados que conduce el agua a presión por tuberías y laterales de riego hasta las plantas, donde es aplicada desde emisores en diferentes formas como; goteo, microaspersión y fertirrigación, humedeciendo el suelo para mejorar el desarrollo y la eficiencia de los cultivos (Pocito, 2013).

2.2.3.2. Sistema de riego

El riego por goteo es un tipo de riego localizado que consiste en suministrar el agua en forma de gotas que acceden a la zona radicular de cada planta, a través de unos pequeños goteros (Valdiviezo, 2018).

2.2.3.3. Ventajas de un sistema de riego

Ahorras tiempo y esfuerzo en regar y puedes dedicarte a otras labores en el huerto o jardín al tener la opción de automatizar los riegos. Riego automático, ahorras agua y haces un uso más sostenible y eficiente de ésta al ser un método de riego de bajo consumo de este bien tanpreciado y limitado. Se mantiene un nivel óptimo de humedad en la tierra, por lo tanto, las plantas reciben la cantidad de agua que necesitan, sin excesos ni carencias (Infoagro, 2019).

2.2.3.4. Desventajas del riego

La alta inversión que requiere el sistema de riego es proporcional a el área que vamos a irrigar, para zonas donde el área es más reducida el manejo y mantenimiento no presentaran costos elevados de diseño, implementación y mantenimiento de tuberías (Infoagro, 2019).

2.2.3.5. Capacidad de Campo

Santos, (2018) enfatiza que la cantidad de agua en el suelo después de que todo exceso gravitacional, ha sido drenado, alrededor de 24 o 48 horas después de ese

riego o lluvia, corresponde aproximadamente al contenido de agua del suelo, en una tensión o potencial matricio de -33 cb , $- 1/3$ atmosferas o cantidad máxima de agua disponible para la planta. Los suelos pesados, arcillosos, tienen una gran capacidad de almacenaje que oscila entre 15% y un 20%, mientras que los arenosos sólo llegan al 5% u 8% (Zúñiga, 2004).

2.2.3.6. Punto de Marchitez Permanente

Santos, (2018) dice que los suelo si no reciben agua mediante el riego o lluvia, la evapotranspiración reduce el contenido de humedad de estos, hasta que las raíces del cultivo no puedan absorber más agua de las que pierden. Como consecuencia las hojas se marchitan y la transpiración se reduce (Bralts, 2015).

2.2.4 Índice de Kc del cultivo

El factor cultivo combina los efectos de las propiedades que distinguen los cultivos de campo típicos de las gramíneas de referencia que tienen una apariencia uniforme y una cobertura completa del suelo. Por lo tanto, diferentes cultivos tienen diferentes valores de factor de cultivo. Por otro lado, los cambios en las características de las plantas durante el crecimiento también afectan el valor del coeficiente Kc. Finalmente, debido a que la evaporación es un componente de la transpiración de las plantas, los factores que afectan la evaporación del suelo también afectan el valor de Kc (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (MAGRAMA, 2010).

2.2.4.1. Evapotranspiración del cultivo de referencia

Máximo es el dato de partida para el diseño de los sistemas de riego. Con este valor se determina el caudal de diseño que permite definir el equipo más económico que asegure el crecimiento potencial de los cultivos (Mario, 2015).

2.2.4.2. Necesidades hídricas del cultivo

La cantidad de agua que ha consumido la planta y se necesita reponer, determinada por la pérdida de evapotranspiración y eficiencia del sistema de riego localizado (Agila, 2018).

2.2.4.3. Cálculo de ETo

La ETo se obtuvo por medio del software libre FAO CROWAT 8.0, ya que este software trabaja con el método Penman – Monteith en lo cual nos facilitó el trabajo; la evapotranspiración del cultivo (ETc) se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia, ETo y el coeficiente del cultivo K (Calva, 2011).

2.2.4.4. Densidad aparente

La densidad aparente de un suelo se lo define como la relación de la masa de suelo seco al volumen ocupado por las partículas sólidas más el volumen poroso. Su valor será siempre inferior a la densidad real y varía con el tamaño de las partículas, agregados y ordenación de los mismos (Valverde, 2007).

Según Avidán, los valores típicos de la densidad aparente en los suelos arcillosos, franco y ligeros varían en un rango de 1,10 a 1,30; 1,30 a 1,45; 1,50 a 1,70 respectivamente.

2.2.5 Evaluación de sistemas de riego presurizados

2.2.5.1. Riego Localizado

Un sistema de riego local consta de varios componentes básicos para garantizar su correcto funcionamiento, lo que brinda opciones para la colocación de líneas de distribución de agua en las áreas irrigadas. Básicamente, la evaluación del desempeño de un sistema de riego local consiste en recolectar agua directamente

de algunas salidas preseleccionadas para determinar el caudal aplicado (Bralts, 2015).

2.2.5.2. Análisis de los datos

(Arias, 2020) señala que los resultados obtenidos en la evaluación de la efectividad son importantes para decidir si se deben tomar acciones correctivas adicionales para mejorar la uniformidad de riego del sistema de riego. Además, la información obtenida del modelo de suministro de agua del sistema de riego es importante para calcular el factor suficiente aplicado a la profundidad neta de riego para obtener la profundidad total correcta. En estos cálculos se debe tener en cuantas consideraciones económicas, se debe hacer un balance entre el uso de agua en exceso de los requerimientos hídricos del cultivo en parte del área regada y pérdida de rendimiento por uso inadecuado. Para comprender mejor como se relacionan entre si los parámetros que intervienen en la evaluación de la eficiencia del sistema de riego, se deben ordenar los valores de los valores o líneas recolectadas en orden descendente y relativo al área donde cada contenedor representa el área total.

2.2.5.3. Parámetros de análisis de eficiencia de riego

Nos dice que el coeficiente de riego uniforme es un valor contribuye a la uniformidad, misma cantidad de agua en los cultivos. El agua y los nutrientes son esenciales para un óptimo crecimiento de la planta (Aldia, 2020).

2.2.5.4. El factor de homogeneidad de Christiansen

Menciona que Christiansen en 1942 ideó una fórmula para determinar y describir la uniformidad de la distribución del agua, aunque nunca se llega al 100% debido el agua se distribuye de forma circular. Por otro lado, que el CUC indica una distribución uniforme del agua en el suelo y si la uniformidad es baja, existe el riesgo

de mayor escasez de agua en algunas áreas y una infiltración más profunda en otras áreas (Lynch, 2006).

2.2.5.5. Factor de uniformidad de distribución

El CUD es una medida de la uniformidad de toda la unidad de riego, no solo el marco en el que se realiza la evaluación. Así, con una disminución significativa de la presión en la subunidad de un área a otra, la UD será más pequeña si la presión es uniforme, este índice representa la relación entre la medida del cuartil inferior de los estratos o caudales aplicados y la media general (Blasco & Gómez, 2014).

2.2.5.6. Medidas de desempeño

Mientras que las medidas de uniformidad representan la capacidad de un sistema o dispositivo de riego para distribuir el agua de la manera más uniforme posible en un área regada, las medidas de eficiencia más uniforme posible en un área regada, las medidas de eficiencia a nivel de área representan la relación entre el uso del agua y la escasez de un área regada, es el resultado de una decisión de manejo tomada para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo (FAO, 2010).

2.3 Marco legal

Agua y alimentación

Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria (CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008).

Derechos de la naturaleza.

Art. 74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.

Soberanía alimentaria.

Art. 281.- La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente. Para ello, será responsabilidad del Estado (Unesco, 2008):

1. Impulsar la producción, transformación agroalimentaria y pesquera de las pequeñas y medianas unidades de producción, comunitarias y de la economía social y solidaria.
2. Adoptar políticas fiscales, tributarias y arancelarias que protejan al sector agroalimentario y pesquero nacional, para evitar la dependencia de importaciones de alimentos.
3. Fortalecer la diversificación y la introducción de tecnologías ecológicas y orgánicas en la producción agropecuaria.
4. Promover políticas redistributivas que permitan el acceso del campesinado a la tierra, al agua y otros recursos productivos.
5. Establecer mecanismos preferenciales de financiamiento para los pequeños y medianos productores y productoras, facilitándoles la adquisición de medios de producción.
6. Promover la preservación y recuperación de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales vinculados a ella; así como el uso, la conservación e intercambio libre de semillas.
7. Precautelar que los animales destinados a la alimentación humana estén sanos y sean criados en un entorno saludable.
8. Asegurar el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica apropiada para garantizar la soberanía alimentaria.
9. Regular bajo normas de bioseguridad el uso y desarrollo de biotecnología, así como su experimentación, uso y comercialización.
10. Fortalecer el desarrollo de organizaciones y redes de productores y de consumidores, así como la de comercialización y distribución de alimentos que promueva la equidad entre espacios rurales y urbanos.
11. Generar sistemas justos y solidarios de distribución y comercialización de alimentos. Impedir prácticas monopólicas y cualquier tipo de especulación con productos alimenticios.
12. Dotar de alimentos a las poblaciones víctimas de desastres naturales o antrópicos que pongan en riesgo el acceso a la alimentación. Los alimentos recibidos de ayuda internacional no deberán afectar la salud ni el futuro de la producción de alimentos producidos localmente.
13. Prevenir y proteger a la población del consumo de alimentos contaminados o que pongan en riesgo su salud o que la ciencia tenga incertidumbre sobre sus efectos.
14. Adquirir alimentos y materias primas para programas sociales y alimenticios, prioritariamente a redes asociativas de pequeños productores y productoras.

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se realizó tuvo una base de estilo experimental y como desarrollo una investigación aplicada.

3.1.2 Diseño de investigación

3.1.2.1. Investigación descriptiva

Se desarrolló de la mejor manera el objetivo principal como los específicos y se describió el tipo de diseño que empleó el proyecto para como resultado determinar la eficiencia del riego y los factores de adecuación requeridos.

3.1.2.2. Investigación explorativa

La investigación explorativa da una referencia del proyecto versus la información recolectada mediante los documentos científicos del investigador.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. *Variable independiente*

- Riego por aspersión

3.2.1.2. *Variable dependiente*

Se tomará los datos del coeficiente de uniformidad (CUC), para determinar la uniformidad y las franjas húmedas generadas por el sistema de riego.

- Coeficiente de uniformidad de la emisión
- Coeficiente de distribución
- Uniformidad del riego
- Área bajo riego

3.2.2 Dimensiones del predio

El predio cuenta con 25 hectáreas de cacao CCN51, el total de las hectáreas están previstas de agua y un sistema de riego por aspersión.

Para la segunda finca cuenta entre 55 hectáreas aproximadamente, todo el predio está previsto de agua de riego mediante sistema de riego por aspersión.

3.2.3 Sitio del proyecto

La finca se encuentra ubicada en Tenguel en el Recinto San Rafael. La segunda finca que por nombre tiene "Susanita" se ubica en la zona del Balao pasando el Recinto Santa Rita.

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos tecnológicos

En los recursos técnicos que se usaron en este estudio son las fuentes bibliográficas, y los softwares tales como: AutoCAD, CROPWAT 8.0, Excel, Word.

3.2.4.2. Recursos universitarios

Se contó con la ayuda del tutor, quien me dirigió en este proyecto.

3.2.4.3. Recurso de equipos de oficina

Computadora, impresora, cuaderno, pluma, lápiz.

3.2.4.4. Métodos y técnicas

Objetivo 1: Establecer los parámetros edafo – agronómicos de la finca y del cultivo de interés circunscritos a la necesidad hídrica, la capacidad de almacenamiento del suelo, al tiempo de riego y frecuencia de riego.

3.2.4.4.1. Parámetros edafo – agronómicos

- **Precipitación**

Es una zona climática lluviosa subtropical, su temperatura habitual es de unos 20 a 33 °C y a veces llega a los 38 °C. Las lluvias nacen mayoritari

amente al este de la ciudad. tiene precipitaciones en todos los meses del año y su precipitación anual oscila entre 3000 a 4000mm, datos promedios que se tomaron en una estación climática (Aldia, 2020).

- **Temperatura**

La temperatura media anual debe ser alrededor de los 25 °C, se adapta a las necesidades climatológicas que derivan a la temperatura con una mínima temperatura de 23 °C y una máxima de 33°C anualmente (Agila, 2018).

- **Velocidad del viento**

Las velocidades medias anuales rodean los 0.6 m/s², los cultivos se adaptan, estas velocidades son muy bajas y no afectarían en su crecimiento (Valdiviezo, 2018).

- **Suelos**

La textura es franco limoso, es decir, 20% de arcilla, 60% de arena y 40% de limo. Requiere suelos bien estructurados con porosidad de 10 a 66%, con buena retención de humedad (Blasco & Gómez, 2014).

3.2.4.4.2. Establecer las condiciones del cultivo de cacao

- **Temperatura**

El cacao no soporta temperaturas bajas, siendo su límite medio anual de temperatura los 21 °C ya que es difícil cultivar cacao satisfactoriamente con una temperatura más baja. Las temperaturas extremas muy altas pueden provocar alteraciones fisiológicas en el árbol por lo que es un cultivo que debe estar bajo sombra para que los rayos solares no incidan directamente y se incremente la temperatura (Arias, 2020).

La temperatura determina la formación de flores. Cuando ésta es menor de 21 °C la floración es menor que a 25 °C, donde la floración es normal y abundante. Esto

provoca que en determinadas zonas la producción de mazorcas sea estacional y durante algunas semanas no haya cosecha, cuando las temperaturas sean inferiores a 22 °C (Cobos, 2021).

- **Agua**

El cacao es una planta sensible a la escasez de agua, pero también al encharcamiento por lo que se precisarán de suelos provistos de un buen drenaje. Un anegamiento o estancamiento puede provocar la asfixia de las raíces y su muerte en muy poco tiempo (Bralts, 2015).

Las necesidades de agua oscilan entre 1500 y 2500 mm en las zonas bajas más cálidas y entre 1200 y 1500 mm en las zonas más frescas o los valles altos.

- **Viento**

Vientos continuos pueden provocar un desecamiento, muerte y caída de las hojas. Por ello en las zonas costeras es preciso el empleo de cortavientos para que el cacao no sufra daños. Los cortavientos suelen estar formados por distintas especies arbóreas (frutales o madereras) que se disponen alrededor de los árboles de cacao (Avidan, 1994).

- **Sombreamiento**

El cacao es un cultivo típicamente umbrófilo. El objetivo del sombreamiento al inicio de la plantación es reducir la cantidad de radiación que llega al cultivo para reducir la actividad de la planta y proteger al cultivo de los vientos que la puedan perjudicar. Cuando el cultivo se halla establecido se podrá reducir el porcentaje de sombreado hasta un 25 o 30 %. La luminosidad deberá estar comprendida más o menos al 50 % durante los primeros 4 años de vida de las plantas, para que estas alcancen un buen desarrollo y limiten el crecimiento de las malas hierbas (Aldia, 2020).

- **Exigencias en el suelo**

El cacao requiere suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, franco arcilloso, con buen drenaje y topografía regular. El factor limitante del suelo en el desarrollo del cacao es la delgada capa húmica. Esta capa se degrada muy rápidamente cuando la superficie del suelo queda expuesta al sol, al viento y a la lluvia directa. Por ello es común el empleo de plantas leguminosas auxiliares que proporcionen la sombra necesaria y sean una fuente constante de sustancias nitrogenadas para el cultivo.

Las plantaciones están localizadas en suelos que varían desde arcillas pesadas muy erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas y limos, con pH que oscilan entre 4,0 y 7,0. Se puede decir que el cacao es una planta que prospera en una amplia diversidad de tipos de suelo (Zúñiga, 2004).

Objetivo 2: Determinar el área adecuadamente irrigada de los sistemas de riego en estudio mediante el método polinomial.

3.2.4.4.3. Coeficiente de Uniformidad Christiansen (CU)

El cálculo tiene como objetivo determinar la cantidad de agua total promedio de las observaciones y las diferencias que tiene con cada caudal promedio observado. En el caso que la distribución sea mejor, la desviación será menor tomando en cuenta a la media, debido a la desviación menor, el valor de la uniformidad será alto, quedaran expresados en porcentaje (Martinez, 1999).

El CUC expresa la variación que existe entre las desviaciones absolutas, en relación con los valores observados mediante la lámina de riego aplicada o gasto caudal y el promedio obtenido, se puede definir de la forma siguiente:

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N [X_i - \bar{X}]}{N \bar{X}} \right)$$

Donde:

CUC = Coeficiente de uniformidad de Christiansen

X_i = Cada uno de las observaciones desde $i=1$ hasta N

\bar{X} = Promedio de observaciones

N = Número de observaciones

3.2.4.4.4. Coeficiente de Uniformidad Distribución (CU)

El índice es directamente proporcional a la relación en cuanto el promedio inferior del caudal aplicado con el promedio general aplicado. El promedio esta expresado por la cuarta parte de los puntos tomados que han estado en menos cantidad de irrigación, esto se divide entre el promedio de la precipitación total, todas las observaciones.

Este puede ser expresado, de manera general, por la siguiente ecuación:

$$CUC = 100 \left[\frac{\frac{\sum_{i=Nq}^N X_i}{Nq}}{\frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}} \right]$$

Nq = representa el número de orden correspondiente al entero más próximo del inicio del cuartil inferior con láminas o caudales recolectados.

X_i = láminas o caudales recolectados

N = número total de láminas o caudales recolectados X_i .

Para evaluar un sistema de riego presurizado por aspersión, se necesita el coeficiente de distribución (CUD) de las observaciones de campo, y el valor debe ubicarse entre el 100% hasta el 80 % para aspersión (Agila, 2018).

Previo a la recolección de los datos, se tomó en consideración las siguientes actividades:

- Observar las tuberías, instalación del sistema para corroborar que este en un estado óptimo y no existan fugas de ninguna clase y los accesorios de los emisores para una buena práctica.
- Monitorear el correcto funcionamiento de la estación de bombeo para descartar presiones bajas mediante la práctica de toma de datos que aporte el riego.
- Tomar en cuenta las válvulas que abren las llaves para el paso de agua hacia los módulos para corroborar que sean las llaves indicadas en el predio por observar.
- Tomar en cuenta las presiones y de caso de ser necesario válvulas reguladoras de presión para el correcto funcionamiento de los aspersores auto compensados.

La evaluación del sistema de riego por módulos mediante la metodología del Dr Medrado tiene cinco puntos como importantes para la correcta medición:

- Analizar el área de la finca para delimitar los módulos los cuales se trabajarán en la práctica mediante el método del Dr. Medrado.
- Regular la presión según el tratamiento a evaluar, en cada emisor se colocó una manguera y se recolectó el agua por un minuto en una probeta.
- Escoger 20 emisores de las llaves abiertas o módulos.
- Se evaluará las presiones de salida en cada emisor para recolectar los datos de presión.
- Luego se medirá el caudal de salida en los emisores para hacer una relación cantidad de agua en litro por minuto.

- Registrar los datos arrojados por el minuto de tiempo transcurrido para proceder a registrarlos en la hoja de cálculo del Dr. Eusebio

El CUC, CD, EA, AR, FAR se describen en el capítulo uno con detalle, se usaron para encontrar el coeficiente de uniformidad.

Coeficiente de Uniformidad de Christiansen, Coeficiente de Distribución, Eficiencia de aplicación, Área adecuadamente regada, Factor de adecuación del riego, que están ampliamente descritos en el marco teórico (Arias, 2020).

3.2.4.4.5. Ajuste de lámina de riego

De acuerdo con los resultados por obtenidos se asegura como objetivo principal el costo del motor, al mantener el tiempo adecuado encendida la bomba esto ayudará que el dueño de la finca al costo final de producción baje, como segundo objetivo el gasto de recurso hídrico en los módulos se reducirá y se podrá contribuir al medio ambiente.

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron en los indicadores de desempeño hidráulico de riego, se procedió a ajustar la lámina de riego, para cada factor de adecuación según los diferentes tratamientos, obteniendo así una nueva lámina de aplicación adecuada.

Del lote número uno se tomó el módulo #1, módulo #2 y el módulo #3, en los 3 módulos se tomó presiones del primer emisor y el emisor más lejano para comprar las presiones resultantes, en el primer, segundo y tercer módulo se tomó únicamente 4 aspersores por la teoría del Dr. Eusebio Medrado, que consiste en formar un rectángulo de 12 metros de ancho y 18 metros de largo, cada 3 metros cuadrados se coló un vaso de 1000 ml para obtener los datos de cantidad agua que cae dentro del vaso, en esa área delimitada por los 4 emisores, se obtuvo 24

datos por cada módulo, en total por turno son 72 datos tomados. Como se puede observar en la figura #3 y figura #4 que se encuentra en anexos. En la tabla se puede observar los turnos escogidos.

Por medio de la tabla del Dr Eusebio Medrado se obtuvo el área irrigada, que presenta una deficiencia en la red hidráulica que está en promedio debe llegar a al 90%.

Objetivo 3: Proponer las medidas correctivas en las distintas fincas para la entrega adecuada de la lámina de riego según el uso consuntivo del cultivo.

Se utilizará la planilla de cálculo elaborada por el Dr. Eusebio Medrado para facilitar el ingreso de la información de datos y visualización de los resultados.

3.2.4.4.6. Análisis estadístico

Dentro de las fases de desarrollo de este trabajo de titulación, se utilizaron estadígrafos descriptivos con los datos de la evaluación de uniformidad del sistema de riego, una vez instalado.

4. Resultados

4.1 Establecimiento de los parámetros edafo-climáticos de las fincas y del cultivo de interés circunscrito a la necesidad hídrica, la capacidad de almacenamiento del suelo, al tiempo de riego y frecuencia de riego.

Tabla 1. Datos edafoclimáticos de las fincas y del cultivo de cacao

Datos edafo-climáticos	Tenguel	Balao
Temperatura (°c)	25.4	25.4
Humedad (%)	87	87
Precipitación (mm)	3000-4000	3000-4000
Velocidad del viento (m/s)	1.8	1.8
Heliofanía (horas/año)	1000	1000
Eto (mm/día)	3.32	3.40
Suelos	Franco arc.	Franco
Capacidad de campo (%)	35.7	30.5
Punto de marchitez (%)	20.1	19.8
Densidad aparente (g/cm^3)	1.20	1.25
Almacenamiento hídrico (%)	15.6	10.7
Tiempo de riego (horas)	6	8
Frecuencia del riego (días)	5	3

Detalles de datos edafoclimáticos, de las fincas y del cultivo de interés circunscrito a la necesidad hídrica, la capacidad de almacenamiento del suelo, tiempo de riego y frecuencia de riego.

Velazco, 2023

Por la ubicación de las fincas el clima es favorable para el desarrollo correcto del cultivo, se encuentra en una zona no tan alta donde se produce bastante este cultivo como principal ingreso para la zona, dentro del carácter hídrico de la zona, las precipitaciones anuales son elevadas lo requerido para el cultivo, creando otros problemas como presencia de entomopatógenos en el cultivo sumado a la reducida presencia de luz crea un sombra miento que es muy requerido por el cultivo, la velocidad del viento se debe tomar en cuenta para velocidades mayores a 3 metros

sobre segundo, la humedad es baja y esto ayuda para que los hongos ya mencionados no se reproduzcan con mayor intensidad.

El análisis edáfico de Tenguel y Balao permite tener conocimiento del desarrollo de los suelos. Mediante los estudios realizados por el análisis de suelo enviados al INIAP arrojó los resultados de suelo: CC, PMP, Da, ReH, Tr, Fr con estos datos se define si el área es adecuada es ideal para un cultivo de cacao, con los resultados de estos datos se puede apreciar que el cultivo anterior mencionado se adapta fácilmente.

4.2 Determinación el área adecuadamente irrigada de los sistemas de riego en estudio mediante el método polinomial

4.2.1 Turnos de riego de la finca del Ing. Julián Aguayo en Tenguel

Con la implementación de la tabla estadista del Dr. Eusebio Medrado se obtiene los datos de coeficiente uniformidad de Christiansen, al establecer la comparación de los turnos de riego de la finca: los módulos cercanos a la bomba, los módulos que están ubicados medianamente lejos de la bomba y los módulos más lejanos de la bomba.

Con los datos obtenidos de la tabla del Dr. Eusebio Medrado los cuales son: Presión de la bomba, Presión de trabajo, CUC, CUD, Ea, volumen de agua efectivamente aplicada, área adecuadamente regada, promedio de agua obtenida, factor de adecuación.

Los datos proporcionados para los turnos de riego expresan los ajustes que se hacen para la correcta distribución del recurso hídrico. Para determinar la relación que hay antes y después aplicadas las medidas correctivas que serán detalladas en el objetivo tres.

Tabla 2. Turnos de riego de la finca del Ing. Julián Aguayo

Datos del módulo	Turno #1			Turno #2			Turno #3		
	#1	#2	#3	#7	#8	#9	#10	#11	#12
Presión de la bomba (psi)	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Presión de trabajo (psi)	20	15	15	20	15	15	20	15	15
CUC (%)	62.04	56.53	50.06	55.58	62.04	56.95	57.61	69.69	62.04
CUD (%)	35.81	33.59	28.66	27.99	35.81	35.98	38.04	34.46	35.81
Ea (%)	16.45	19.81	15.91	12.52	16.45	24.65	24.13	15.14	16.45
Volumen de Agua efectiva aplicada (%)	4.6	5.1	4.9	37.70	23.4	15.8	16.1	23.5	23.4
Área adecuadamente regada (%)	37.64	42.44	42.72	44.66	37.64	44.72	44.57	38.47	37.84
Promedio de agua obtenida (%)	4.5	5.1	4.9	5.3	4.5	5.1	5.1	4.2	4.5
Factor de adecuación	6.17	5.038	6.341	8.085	6.179	4.068	4.164	6.590	6.179

Descripción de módulos de riego por turno de la finca en Tenguel Velazco, 2023

4.2.2 Turnos de riego para la finca del Sr. Orlando Ojeda en Balao

Tabla 3. Turnos de riego para la finca del Sr. Orlando Ojeda

Datos del módulo	Turno #1			Turno #2			Turno #3		
	#3	#5	#6	#4	#5	#6	#7	#8	#9
Presión de la bomba (psi)	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Presión de trabajo (psi)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
CUC (%)	78.14	82.08	108.93	78.37	75.23	66.82	79.13	79.17	77.90
CUD (%)	62.19	67.77	60.39	63.33	58.69	46.32	59.02	66.10	57.11
Ea (%)	16.45	57.52	49.59	52.06	47.25	33.67	47.5	57.31	44.93
Volumen de Agua efectiva aplicada (%)	63.9	45.3	67.9	54.6	48.3	51.8	64	64.8	63.4
Área adecuadamente regada (%)	45.06	41.98	80	38.16	41.08	41.22	43	43.31	40.3
Promedio de agua obtenida (%)	70	61	68.84	49.7	54.04	60.4	65.1	64.6	65.2
Factor de adecuación	1.913	1.749	1.970	1.899	2.12	2.920	2.068	1.750	2.163

Descripción de módulos de riego por turno de la finca en Balao Velazco, 2023

4.3 Propuesta de las medidas correctivas en las distintas fincas para la entrega adecuada de la lámina de riego según el uso consuntivo del cultivo

El factor de adecuación él es parámetro que se obtuvo mediante la tabla del Dr. Eusebio Medrado para solucionar la mala distribución de agua en el suelo y se traduce como el tiempo necesario que la bomba debe ejercer su trabajo. En este caso por turnos y módulos, teniendo en cuenta el valor de partida que es el área adecuadamente irrigada para concluir en el valor de la meta de área adecuadamente irrigada.

4.3.1 Medidas correctivas para suministrar la lámina adecuada para la finca del Ing. Julián Aguayo

Tabla 4. Medidas correctivas de riego en la finca del Ing. Julián Aguayo en Tenguel

Datos del módulo	Turno #1			Turno #2			Turno #3		
	#1	#2	#3	#7	#8	#9	#10	#11	#12
Área ade. Irrigada (%)	37.4	42.4	42.7	44.6	23.4	15.8	16.1	23.5	23.4
Meta de área ade. Irrigada (%)	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Tiempo de riego (Hr)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Factor de adecuación	6.17	5.03	6.34	8.05	6.17	4.08	4.16	6.59	6.17
T. Riego adecuado (Hr)	12.3	10	12.3	16.1	12.3	8.16	8.32	13.2	12.3

Descripción de módulos de riego finca del Ing. Julián Aguayo Velazco, 2023

4.3.2 Medidas correctivas para suministrar la lámina adecuada para la finca del Sr. Orlando Ojeda

Tabla 5. Medidas correctivas de riego en la finca Sr. Orlando Ojeda en Balao

Datos del módulo	Turno #1			Turno #2			Turno #3		
	#3	#5	#6	#4	#5	#6	#7	#8	#9
Área ade. Irrigada (%)	45.1	42	68.4	38.2	48.3	52.7	65.1	64.6	65.2
Meta de área ade. Irrigada (%)	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Tiempo de riego (Hr)	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66
Factor de adecuación	1.91	1.74	1.97	1.89	2.12	2.92	2.06	1.75	2.16
T. Riego adecuado (Hr)	5.08	4.62	5.24	5.02	5.64	7.76	5.47	4.65	5.74

Descripción de módulos de riego finca del Sr. Orlando Ojeda Velazco, 2023

En la finca del señor Orlando las medidas correctivas en base al factor de adecuación por los turno de riego número uno y tres se corrigen aumentando el tiempo de riego para estos turnos, llegando al área adecuadamente irrigada con un promedio de cinco horas de riego por módulo, abriendo cuatro módulos al mismo tiempo, no existe variación de las horas de trabajo de la bomba, cumpliendo con la

problemática de la mala distribución del agua en el suelo y necesidades hídricas del cultivo para permanecer en capacidad de campo hasta llegar a los 5 días que es la frecuencia del riego (fr). No existe daño de tuberías o aspersores que presenten pérdida en los datos evaluados en campo, puede variar que si existen daños en campo no tan graves. Presenta pérdida presión en los módulos y el traslape llega a variar en los aspersores, debido a baja revolución de la bomba para mantener en óptimas condiciones la estación de bombeo.

La tabla refleja un factor de adecuación muy elevado, esto lleva a que el tiempo de riego óptimo para la finca es más de tres veces el tiempo de riego, en otro caso se puede observar hasta diez y seis horas de riego comparado al riego habitual de dos horas. Para llegar a la meta de área adecuadamente irrigada se debe emplear medidas correctivas desligadas al factor de adecuación, para esta finca, las posibles secuelas que presenta el sistema hidráulico:

- Fugas en las tuberías rotas, debido al deterioro por el uso y tiempo.
- Aspersores con vida útil culminada, que provoca pérdida de presión y pérdida caudal por los laterales.
- Comprobar el número de llaves abiertas por turno y cerrar las llaves no estipuladas en el turno de riego.
- Visualizar el porcentaje de traslape entre los aspersores.

Al señalar, cuantificar y reparar los daños encontrados en el sistema hidráulico. Se vuelve a evaluar mediante el método polinomial los mismos módulos de riego que ya se han utilizados en la práctica. Evaluado el sistema de riego se compara el factor de adecuación para proponer una medida correctiva extra.

5. Discusión

Con los datos climáticos obtenidos en la práctica estoy de acuerdo con (Arias,2020) que indica, que el cultivo de cacao se adapta mejor en las zonas sub tropicales del Ecuador.

Al obtener los datos edáficos de la zona mediante el INIAP se difiere con (Jiménez, 2017) que indica que punto de marchitez del cacao en la zona debe estar a 25%.

Con respecto a la presión y al traslape, estoy de acuerdo con (Carrazón, 2017) que indica que entre menos presión de trabajo las áreas del módulo quedaran secas y las horas de riego deben incrementarse para satisfacer el área donde se encuentras plantas productivas.

Los datos obtenidos en campo de CUC y CUD para aspersion están alrededor del 90% en las dos zonas estudiadas, difiero con (Zúñiga, 2019) que estable un valor de CUD y CUC entre el 80% a 85%.

Estoy de acuerdo con el modelo propuesto del (Medrado 2018) que indica la correcta distribución de agua, mediante el modelo se encontró el área adecuadamente irrigada, este permitió reflejar el déficit que existe entre las láminas de riego que están aplicando y la lámina de riego que se debe aplicar para suplir las necesidades hídricas del cultivo.

El valor del factor de adecuación indica la lámina de agua que se incrementó para llegar a la meta del área adecuadamente irrigada que establece la tabla, estoy de acuerdo con (Medrado 2015) establece que el factor se debe multiplicar por el tiempo de riego para suplir necesidades hídricas.

6. Conclusiones

Al contar con los datos proporcionados como son los parámetros agronómicos e hidráulicos se logra determinar la retención de humedad del suelo que para Tenguel es 15.6% y para la finca de Balao es 10.7%. El conocimiento de esta información permite a los productores de cacao u otros cultivos programar la aplicación de la lámina de riego en base al déficit hídrico de los suelos utilizando sensores de humedad como alternativa, que permiten utilizar el recurso hídrico de forma eficiente. La capacidad de almacenamiento hídrico en ambas zonas es buena, esto indica una gran cantidad de agua retenida por los suelos manteniéndolos húmedos.

El área adecuadamente irrigada meta debe aproximarse al 90%, mediante la tabla del Dr. Eusebio Medrado se obtuvo este dato en las que presentaron deficiencias hídricas dentro de los módulos como áreas secas, para la finca de Tenguel el área irrigada promedio representado como un 25.18%, un valor sumamente bajo, en la finca de Balao presenta un 64.52% de misma manera presentado un déficit considerable pero ajustable mediante las medidas correctivas propuestas.

Mediante el factor de adecuación la lámina de riego se modifica para dar con la lámina de riego adecuada, en la finca del ing. Julián Ayuago el factor de adecuación promedio es de 5.17 por módulo, y para la finca del Sr. Orlando Ojeda el factor de adecuación promedio 2.05 por módulo. Sin embargo, en el presente trabajo se ofrecen otras medidas para mejorar el desempeño de los sistemas de riego de las fincas evaluadas que reflejan la realidad de la aplicación de láminas de riego en el cultivo de cacao.

7. Recomendaciones

Se debe considerar hacer una segunda evaluación luego de haber tomado en cuenta las medidas correctivas propuestas en el capítulo 4 por el método polinomial para obtener nuevos resultados y puedan ser comparados ya obtenidos en el presente estudio.

Programar turnos de riego menores a 3 módulos por turnos que equivalen a 8 horas en promedio con las medidas tomando en cuenta las medidas correctivas ya establecidas para la época seca, de igual manera en la finca del Sr. Orlando Ojeda se recomienda bajar el número de módulos regados en simultaneo de 4 módulos a 3 módulos como máximo esto equivale en promedio unas 8 horas de riego diarias aplicando las medias correctivas para esta finca.

Programar mantenimientos de aspersores y red hidráulica cada 4 a 6 meses para revisar el estado y funcionamiento de los emisores, en la red hidráulica revisar posibles fugas de agua que eso puede ocasionar bajas de presión, un funcionamiento en exceso de la bomba y áreas con déficit de agua.

Es importante reconocer al recurso hídrico como una fuente agotable y proponer un uso adecuado del agua mediante herramientas como la evaluación del sistema o la implementación de sensores de humedad para determinar la frecuencia de riego y la cantidad de agua suministrada tomando en cuenta las condiciones edáficas, climáticas de la zona y del cultivo.

8. Bibliografía

- Agila, L. V. (2018). *Evaluación del requerimiento hídrico del cultivo de maíz*.
Obtenido de
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21176/1/LUIS%20VICENTE%20YANANG%C3%93MEZ%20AGILA.pdf>
- Aldia. (28 de mayo de 2020). *Diario de LOS RIOS*. Obtenido de
<https://www.aldia.com.ec/especial-de-mocache-24-anos-de-historia-y-progreso/>
- Arias, M. (2020). *Evaluación de sistemas de riego*. Obtenido de
<https://core.ac.uk/download/pdf/48515406.pdf>
- Avidan, D. A. (1994). *Determinación del regimen de riego*. Obtenido de
<https://www.scribd.com/document/428914782/Libro-Albert-Avidan-FASC-3>
- Blair, E. (1979). *Riego por Goteo*. San Jose de Costa rica: IICA.
- Blasco, G., & Gómez, F. (11 de 2014). *Propiedades funcionales del plátano*.
Recuperado el 21 de 6 de 2016, de
<http://www.medigraphic.com/pdfs/veracruzana/muv-2014/muv142d.pdf>
- Bralts. (2015). *riego localizado*. Obtenido de
<https://www.mapa.gob.es/ca/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/material-de-riego/riego-localizado.aspx#:~:text=El%20riego%20localizado%20supone%20la,peque%C3%B1os%>
- Bralts, S., & Mao, L. (2010). *Simplified Method for Field Evaluation on folid set Spinkler Irrigation* . Recuperado el 20 de 06 de 2016, de agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301879463
- Buendía, J., Palacios, E., & Chavez, J. (2004). *Importancia de la evaluación hidráulica en los sistemas de riego presurizado*. Obtenido de
http://ceer.isa.utl.pt/cyted/mexico2006/tema%203/22_JBuendial_Mexico.pdf
- Caicedo, O., Proaño, J., & Balmaseda, C. (2015). *Evaluación hidráulica de riego por aspersion sub foliar en banano (Mussa paradisiaca) en la hacienda San Jose- Los Rios*. Recuperado el 20 de 6 de 2016, de
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000100005&lang=pt
- Calva, V. (2011). *Repositorio iniap*. Obtenido de
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4662>
- Cedaf. (11 de 2000). *El Cultivo del Plátano*. Recuperado el 21 de 6 de 2016, de
<http://www.cedaf.org.do/centrodoc/ebook/platano.pdf>
- Cisneros, R. (2003). *Apuntes de Riego y Drenaje*. Obtenido de
<http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego%20y%20Drenaje.pdf>

- Cobos, E. (11 de marzo de 2021). *Gestion digital*. Obtenido de <https://revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/ecuador-tiene-en-el-cacao-una-oportunidad-de-oro>
- Constitucion de la republica del ecuador. (20 de Octubre de 2008). *Constitucion de la republica del ecuador*. Recuperado el 26 de Julio de 2021, de <https://www.cec-epn.edu.ec/wp-content/uploads/2016/03/Constitucion.pdf>
- Cun, R. (03 de 2011). *Evaluación de la uniformidad del riego por goteo en condiciones de casas de cultivo en explotación*. Recuperado el 20 de 06 de 2016, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000100007
- David. (18 de agosto de 2021). *Que es epanet*. Obtenido de <https://www.tecpa.es/epanet-que-es-para-que-sirve/>
- Ecuador, S. d. (2008). *constitucion de la republica del Ecuador*. Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Ecured. (2016). *Platano*. Recuperado el 21 de 06 de 2016, de <http://www.ecured.cu/Pl%C3%A1tano>
- FAO. (2010). *Estudio FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.pdf>
- Flores, N., Zution, I., & Rodriguez, D. (marzo de 2013). *Eficiencia de aplicación de agua en la superficie y en el perfil del suelo en un sistema de riego por aspersión*. Recuperado el 12 de junio de 2016, de Scielo: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952013000200001
- Geate, L. (2001). *Manual de Diseño de Sistema de Riego Tecnificado*. Recuperado el 20 de 6 de 2016, de http://dSPACE.UTALCA.CL:8888/ingenieria/gaete_vergara.pdf
- Gestiriego. (2016). *Gestiriego*. Obtenido de <https://www.gestiriego.com/expo-agroalimentaria-guajanato-2016/>
- Guadamu, I. B. (2019). *adaptación de pductores*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3356/1/T-UTEQ-0025.pdf>
- Gurovich, L. (1985). *Fundamentos y diseño de sistemas de riego*. San Jose de Costa Rica: IICA.
- Guzman, S. (2010). *Evaluación de la productividad del agua en el cultivo de Banano*. Recuperado el 20 de 06 de 2016, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/3926/1/822100.2011.pdf>
- Hernandez, L. M., & Vit, P. (09 de 2009). *El plátano*. Recuperado el 21 de 06 de 2016, de http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30260/3/ff2009_iiplatano.pdf
- Infoagro. (2019). *ventajas del sistema de riego por goteo*. Obtenido de <https://infoagro.com.ar/riego-por-goteo-las-ventajas-y-como-instalarlo/>
- Infoagro. (s.f.). *El cultivo del plátano*. Recuperado el 21 de 6 de 201, de http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm

- Intagri. (2015). *Fundamentos para un Diseño Eficiente del Sistema*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo>
- Israelsen, O., & Hansen, V. (2003). *Principios a Aplicaciones del Riego*. Barcelona: 2003.
- Jiménez. (18 de MAYO de 2017). *Hidraulica facil*. Obtenido de [https://www.hidraulicafacil.com/2017/05/disenio-hidraulico-de-sistemas-de-riego.html#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20hidr%C3%A1ulico%20tiene%20como,bajo%20un%20criterio%20de%20optimizaci%C3%B3n.&text=Las%20lineas%20regantes%2C%20distribuidoras%20o,se%20dise%C3%](https://www.hidraulicafacil.com/2017/05/disenio-hidraulico-de-sistemas-de-riego.html#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20hidr%C3%A1ulico%20tiene%20como,bajo%20un%20criterio%20de%20optimizaci%C3%B3n.&text=Las%20lineas%20regantes%2C%20distribuidoras%20o,se%20dise%C3%92)
- Keller, J., & Karmeli, D. (1974). Trickle Irrigatio design parameters. St. Joseph: Transactions of the American Society of Agricultural Enginners.
- Keller, M. y. (2017). *riego autocompensado* . Obtenido de <https://www.mapa.gob.es/ca/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/material-de-riego/riego-localizado.aspx#:~:text=El%20riego%20localizado%20supone%20la,peque%C3%B1os%>
- Köppen, W. (2016). *lifeder*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/wladimir-koppen/>
- Leiton, J. J. (1985). *Riego y Drenaje*. San José de Costa Rica: EUED.
- Lynch, C. (2006). *Evaluación del funcionamiento del sistema automatizado de riego por goteo en macrotuneles en zona III, Zamorano, Honduras*. Recuperado el 24 de 06 de 2016, de <http://vdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/921/1/T2268.pdf>
- Macías, M. J. (2011). *Adaptación e instalacion de un sistema de riego por aspersión para cultivos comerciales establecidos en la comunidad El Milagro*. Recuperado el 20 de 06 de 2016, de https://www.academia.edu/9255273/Universidad_técnica_de_manabí_facultad_de_ingeniería_agrícola
- Magrama. (2010). *Platano*. Recuperado el 21 de 06 de 2016, de http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/platano_tcm7-315357.pdf
- Mapper, G. (2022). *Global MApper*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=-zq8XKOvh7o>
- Mario, G. P. (2015). *Determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) para el diseño de equipos de riego en el Uruguay*. Obtenido de http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482015000100014
- Martinez, J. M. (1999). *Tesis Doctoral Analisis de la Distribución de Agua en Aspersión Estacionario*. Albacete: Universidad Castilla - La Mancha.
- Novagri. (2016). *Riego por goteo*. Obtenido de <https://www.novagric.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-por-goteo>
- Ogasawara. (2017). *riego y drenaje*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28729395/>

- Olivos. (2015). *Lámina máximo de riego*. Recuperado el 20 de 06 de 2016, de <http://myslide.es/documents/lamina-de-riego-maxima.html>
- Orellana, J., Unda, J., & Analuisa, P. (2002). *Estudio de la Comercialización del Plátano (Musa balbisiana) en la Zona Norey del Trópico Húmedo Ecuatoriano*. Obtenido de Publicaciones Miscelanea N° 113: http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Estudio_%20comercializacion_platano_zona_norte_tropico_humedo.pdf
- Plastigama. (2015). *Aspersores senninger*. Recuperado el 20 de 06 de 2016, de <http://www.plastigama.com.ec/pdfs/aspersores.pdf>
- Plastigama. (SEPTIEMBRE de 2018). *Tuberías y accesorios de pvc y pe bd*. Obtenido de <https://plastigama.com/wp-content/uploads/2018/09/Tuber%C3%81as-y-accesorios-de-PVC-y-PE-BD-uso-agri%C3%81cola.pdf>
- Pocito, A. d. (2013). *todo sobre riego presurizado*. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_hoja_informativa_riego_por_goteo_olivo-_julio_.pdf
- Proecuador. (2015). *Análisis sector plátano*. Recuperado el 20 de 06 de 2016, de <http://www.proecuador.gob.ec/pubs/analisis-sector-platano-2015/>
- Rain bird. (2016). *SERIE LF*. Recuperado el 21 de 06 de 2016, de <http://www.rainbird.es/productos/aspersor-de-impacto/serie-lftm>
- Ramírez, R. (8 de Agosto de 2014). *efecto del riego deficiente*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33931820009.pdf>
- Rázuri, L. (2012). Manejo y programación del riego. *Programa de Maestría y Drenaje II*. Guayaquil: SIPUA - UAE.
- Rodríguez, A. S. (3 de Septiembre de 2012). *Ingeniería hidráulica y ambiental*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v33n3/riha01312.pdf>
- Saldarriega. (2007). *Hidráulica de Tuberías*. Bogota: Alfaomega.
- Santa, M. d. (2005). *Agua y Agronomía*. España: Grupo Mundi Prensa.
- Santos, C. O. (2018). *Componentes del balance hídrico*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4760/476056688004/html/>
- Senagua. (2011). *Senagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/senagua#:~:text=La%20misi%C3%B3n%20de%20la%20Secretar%C3%ADa,uso%20y%20aprovechamiento%20del%20agua.>
- Senninger. (2016). Recuperado el 20 de 6 de 2016, de <http://www.senninger.com/wordpress/wp-content/uploads/2015/04/SolidSet-Catalog-SP.pdf>
- Senninger. (2016). *Los hidro - eficientes mini-Wobblers y Xcel-Wobblers*. Recuperado el 21 de 06 de 2016, de <http://www.senninger.com/the-water-efficient-mini-wobblers-and-xcel-wobblers/?lang=es>
- Senninger. (2016). *Xcel-Wobbler*. Recuperado el 21 de 06 de 2016, de <http://www.senninger.com/solid-set/xcel-wobbler/?lang=es>
- Senplandes. (octubre de 2012). *Generación de geoinformación*. Obtenido de <http://app.sni.gob.ec/sni->

- link/sni/pdot/zona5/nivel_del_pdot_cantonal/los_rios/mocache/iee/memorias_tecnicas/mt_mocache_capacidad_uso_de_las_tierras.pdf
- Solomon. (1988). Recuperado el 24 de 06 de 2016, de wateright.org/site2/publications/880802asp
- Tandazo, J. E. (2015). *Estudio de los indicadores de un sistema de riego por aspersión subfoliar en banano (Mussa aa) en la zona de Pueblo Viejo*. Babahoyo: Univesidad Técnica de Babahoyo. Recuperado el 20 de 06 de 2016
- Tarjeulo, J. M. (Junio de 2015). *Riego por Aspersión*. Recuperado el 20 de 06 de 2016, de Centro Regional de Estudios del Agua: http://www.ruralcat.net/migracio_resources/633281_tarjuelo.pdf
- Tenguel, M. d. (2010). *Municioo de mocache*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1260002190001_PDyOT%20VERSION%20PRELIMINAR_15-03-2015_20-04-05.pdf
- Universidad de sevilla. (2007). *Hidráulica y Riegos*. Recuperado el 20 de 06 de 2016, de http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%209.%20Riego%20por%20asersion/page_18.htm
- Valdiviezo, A. (2018). *en que consite un sistema de riego*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-consiste-riego-goteo>
- Valverde, J. C. (2007). *Riego Y Drenaje*. San Jose de Costa Rica: UENED.
- Varas, E., & Sandoval, J. (1989). *Riego por aspersión*. Obtenido de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/seriesinia/NR08936.pdf>
- Vasquez, J. R., & Buenaño, J. F. (2010). *Diseño de un Sistema de Riego por Aspersión Subfoliar para el cultivo de Banano (Musa sapientum Linneo)*. Obtenido de rraae.org.ec: http://rraae.org.ec/Record/0006_f393c5167f84bb541270068e634c934f
- Velazco. (2022). *Eto cropwat*. Guayaquil: mi casa.
- Velazco, S. (2022). *Evaluación del sistema de riego por aspersión*. Tenguel-Guayas: mia.
- Velazco, S. (2022). *Tablas Turnos y módulos*. Guayaquil: Sebastian velazco.
- Zambrano, J., & Zambrano, S. (2012). *Evaluación del Sistema de Riego por Microaspersión implementando en el jardín clonal de Cacao (Theobroma cacao L)*. Calceta: ESPAM.
- Zúñiga, É. (2004). *Diseño y Evaluación del riego a presión*. San José de Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

9. Anexos

Tabla 6. Máximo porcentaje de agua aprovechable sugerido

Máximo porcentaje de agua aprovechable sugeridos de acuerdo a Eto y al cultivo		
	Valor de pa %	Eto
Tipo de cultivo	<4 mm/día	>4 mm/día
Hortalizas	25% - 40%	15% - 25%
Frutales, palma	30% - 40%	20% - 30%
Pasto	40% - 60%	30% - 40%
Cereales, maíz, trigo, oleaginosas, caña de azúcar, tabaco	40% - 50%	30% - 40%

Descripción del máximo porcentaje de agua aprovechable
Avidan, 1994

Tabla 7. Marcos de plantación

Marcos de plantación		
Pequeño	Mediano	Grande
Cacao	Guayaba	Mango
Uva	Cítrico	Aguacate
Papaya	Chirimoya	Guanábana
	Carambola	Zapote

Marcos de plantación de los distintos cultivos
Avidan, 1994

Tabla 8. Caudal del emisor su función a su patrón de humedecimiento

Caudal del emisor			
Marcos de plantación	Pequeños	Mediano	Grandes
Patrón de humedecimiento	Pequeño	Mediano	Grandes
Caudal del emisor (Qe) lt/h	30 – 60 lt/h 40-70	40 - 80 lt/h 50-90	60- 120 lt/h 100-300

Caudales de los emisores y el patrón de humedecimiento que genera
Avidan, 1994

Tabla 9. Patrón de humedecimiento

Patrón de humedecimiento (PH)	
Cobertura de Patrón de Humedecimiento	Rangos (%) de área de plantación del árbol que es humedecida
Patrón de humedad amplio	75% - 90%
Patrón de humedad mediano	50% - 70%
Patrón de humedad pequeño	40% - 50%

Patrón de humedecimiento que genera
Avidan, 1994

Tabla 10. Eficiencia del sistema

Eficiencia del sistema	
Eficiencia	Sistema de Riego
70 - 80%	Aspersión
85 - 90%	Micro aspersión
90%	Goteo

Porcentaje que el sistema riega
Avidan, 1994

Tabla 11. Turnos y módulos de la finca de Tenguel

Turno	Módulo
Segundo turno	Módulo #1
	Módulo #2
	Módulo #3
Primer turno	Módulo #7
	Módulo #8
	Módulo #9
	Módulo #10
Tercer turno	Módulo #11
	Módulo # 12

Turnos y módulos de riego para el cálculo
Velazco, 2023

Tabla 12. Turnos y módulos de la finca de Balao

Turno	Módulo
Tercer turno	Módulo #3
	Módulo #5
	Módulo #6
Quinto turno	Módulo #4
	Módulo #5
	Módulo #6
Octavo turno	Módulo #7
	Módulo #8
	Módulo # 9

Turnos y módulos de riego para el cálculo.
Velazco, 2023

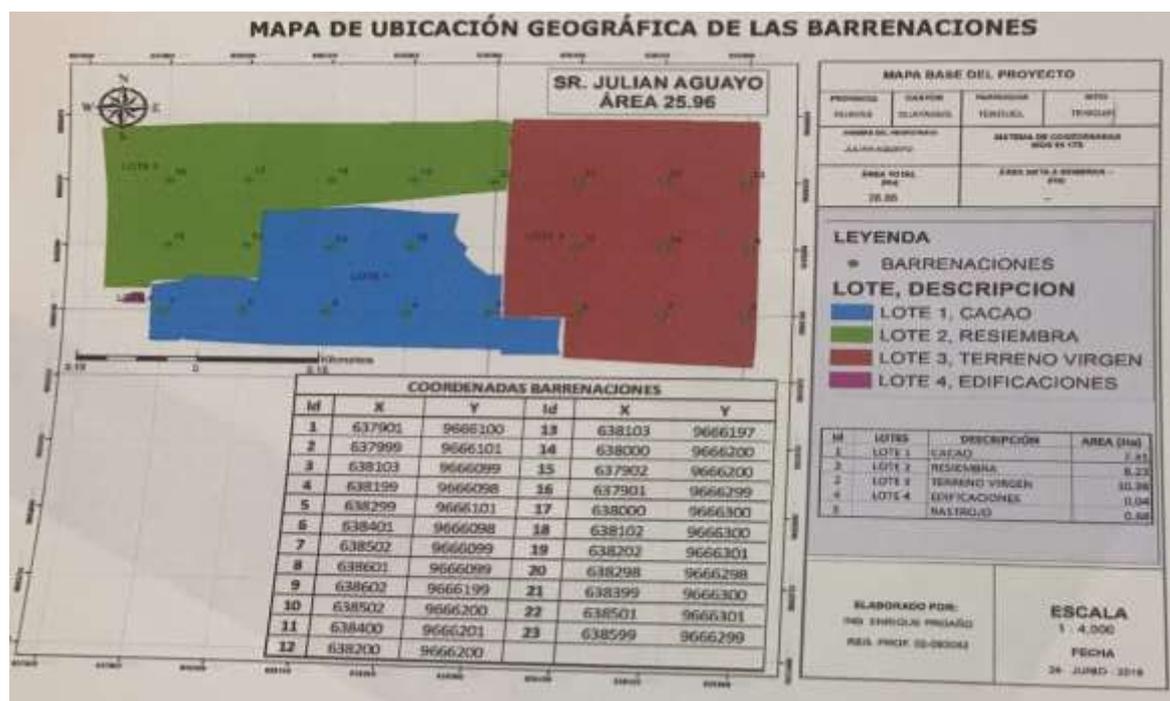


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica finca Julian Aguayo
Proaño, 2018

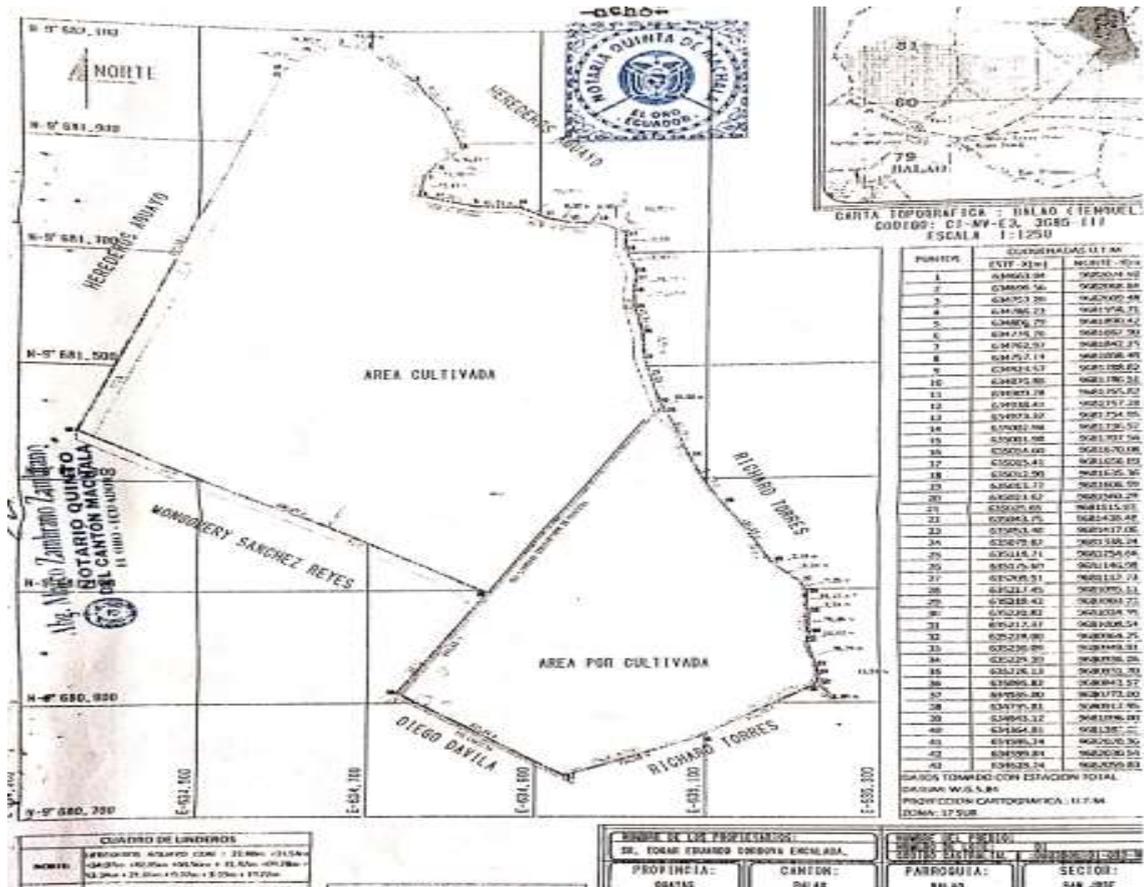


Figura 2. Mapa de ubicación geográfica finca Orlando Ojeda Zambrano, 2015

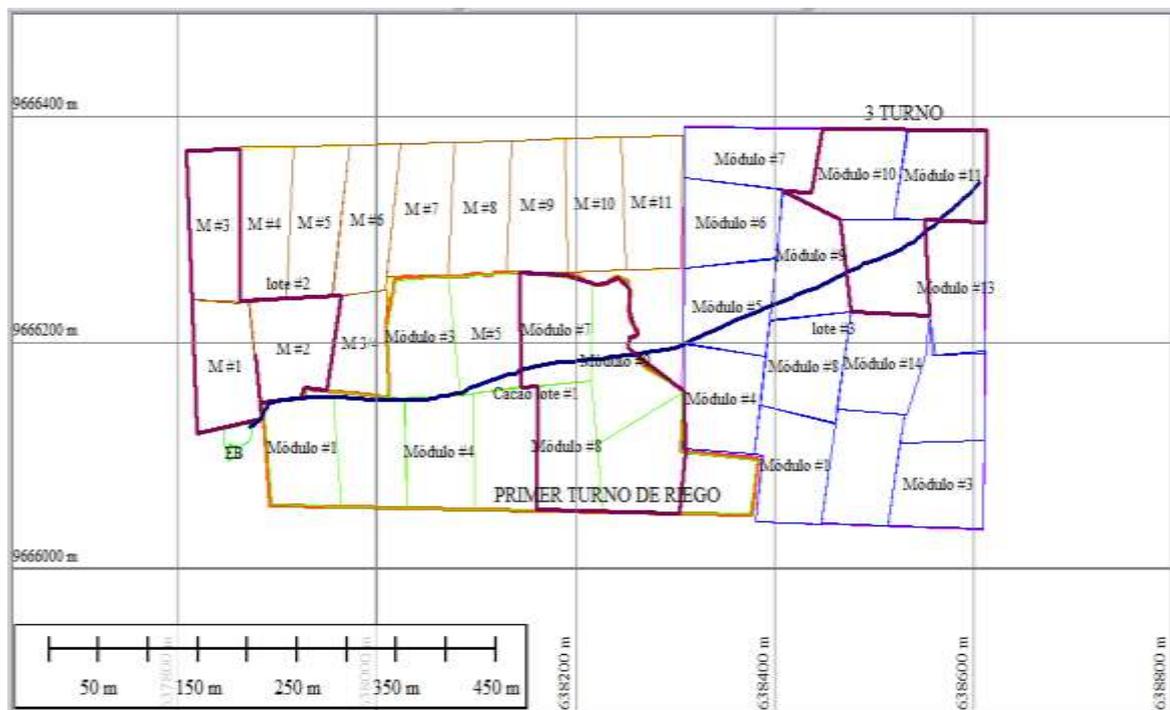


Figura3. Croquis del predio delimitado por módulos para la primera finca Mapper, 2022

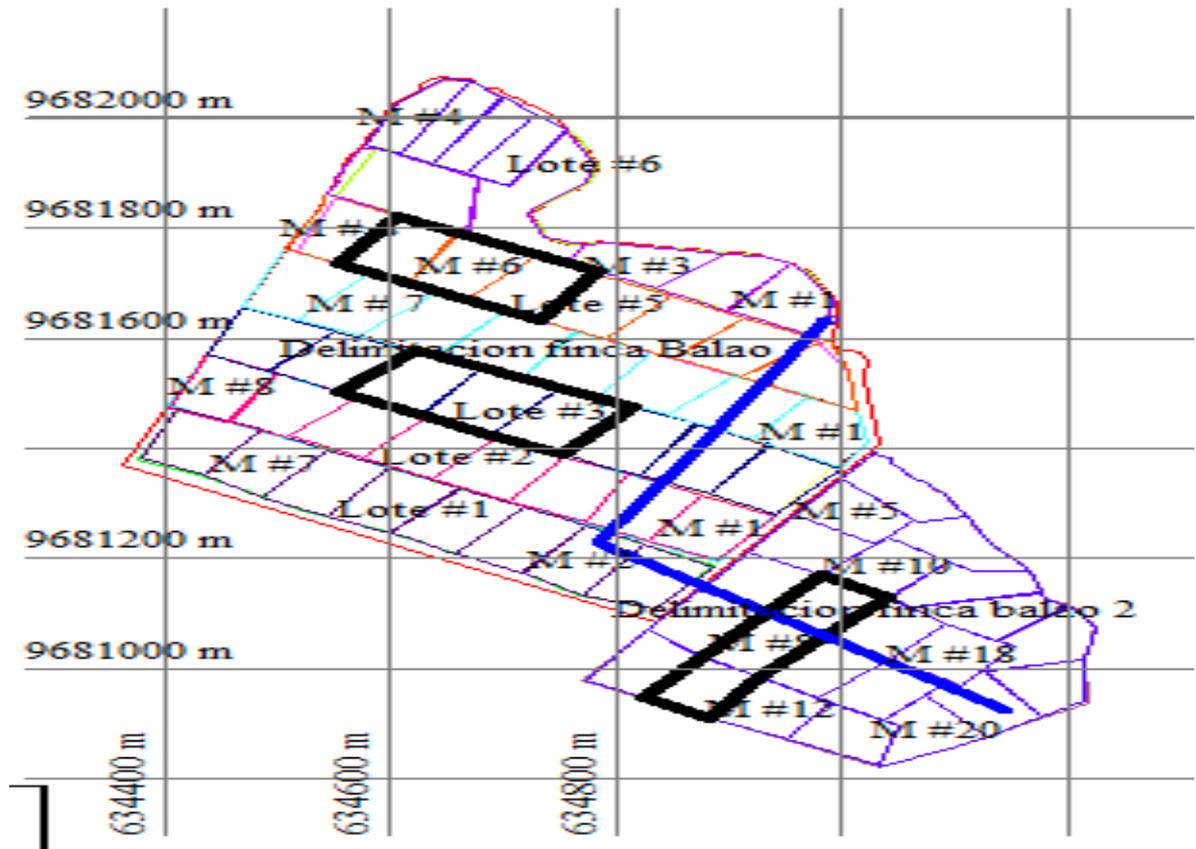


Figura4. Croquis del predio delimitado por módulos para la segunda finca Mapper, 2022

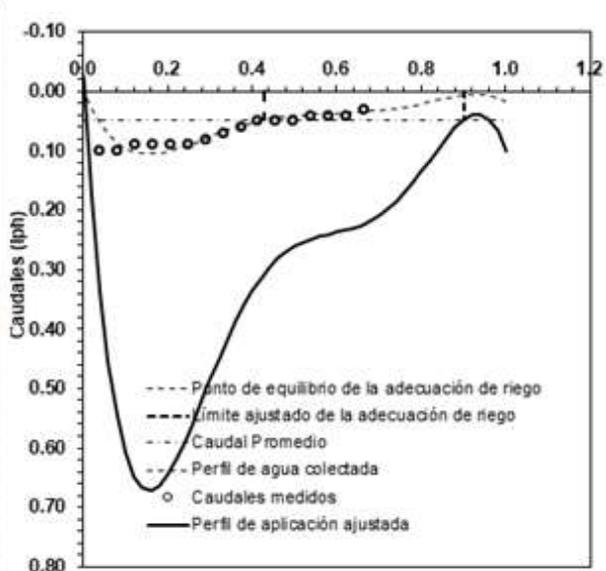
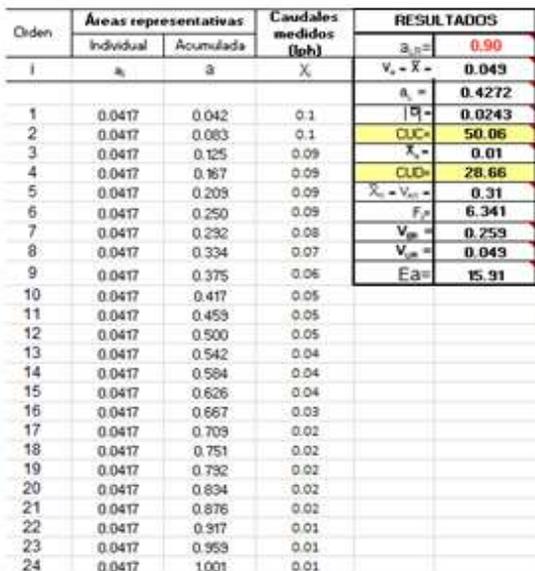
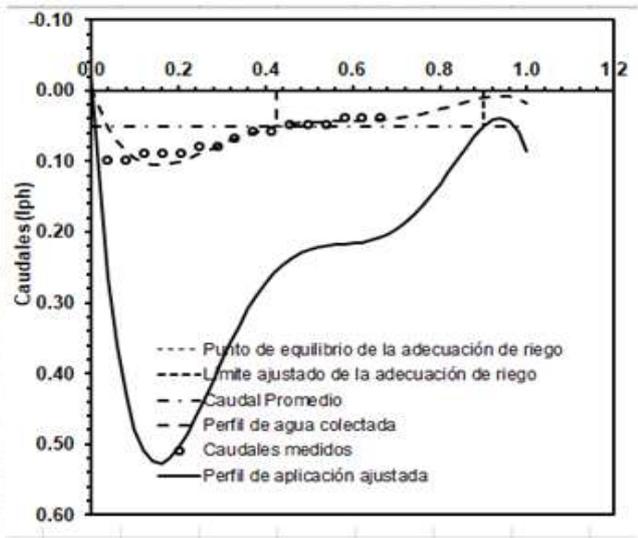
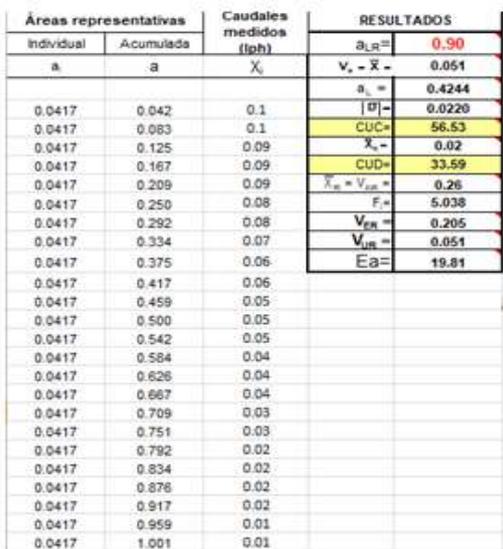
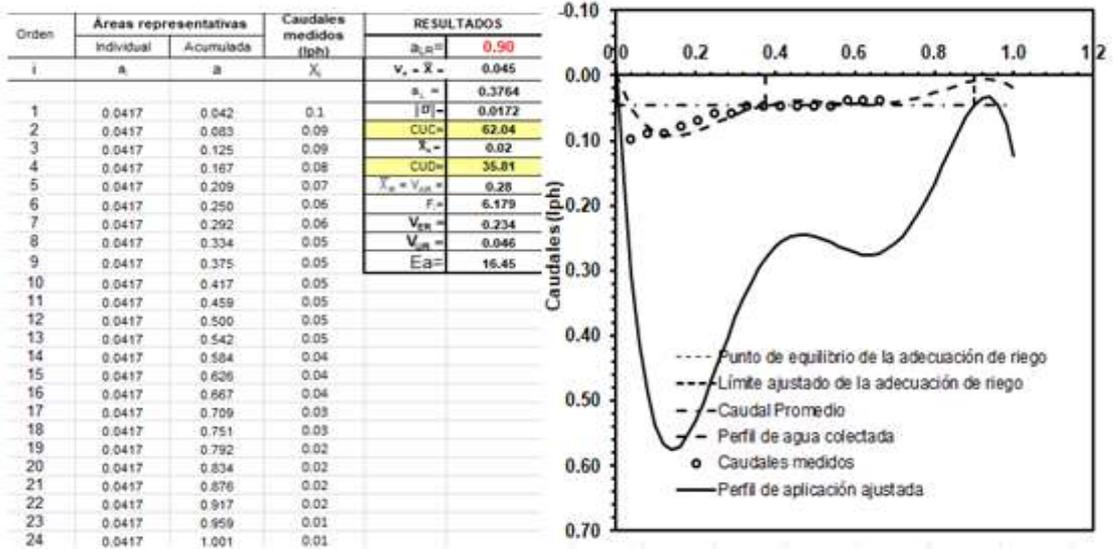


Figura 5. Tabla del Dr. Eusebio para el primer turno (Tenguel) Velasco, 2023

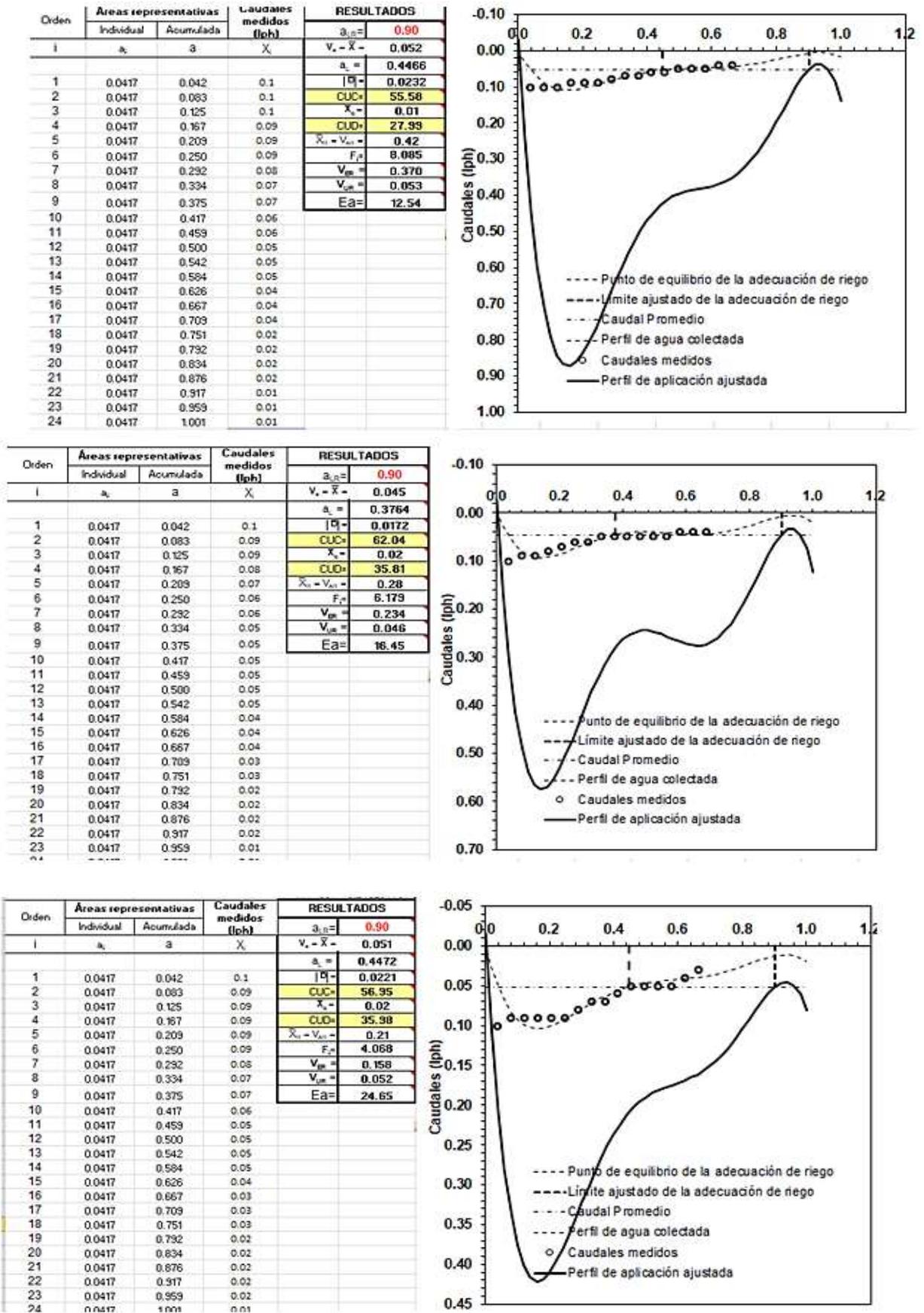


Figura 6. Tabla del Dr. Eusebio Medrado para el segundo turno (Tenguel) Velazco, 2023

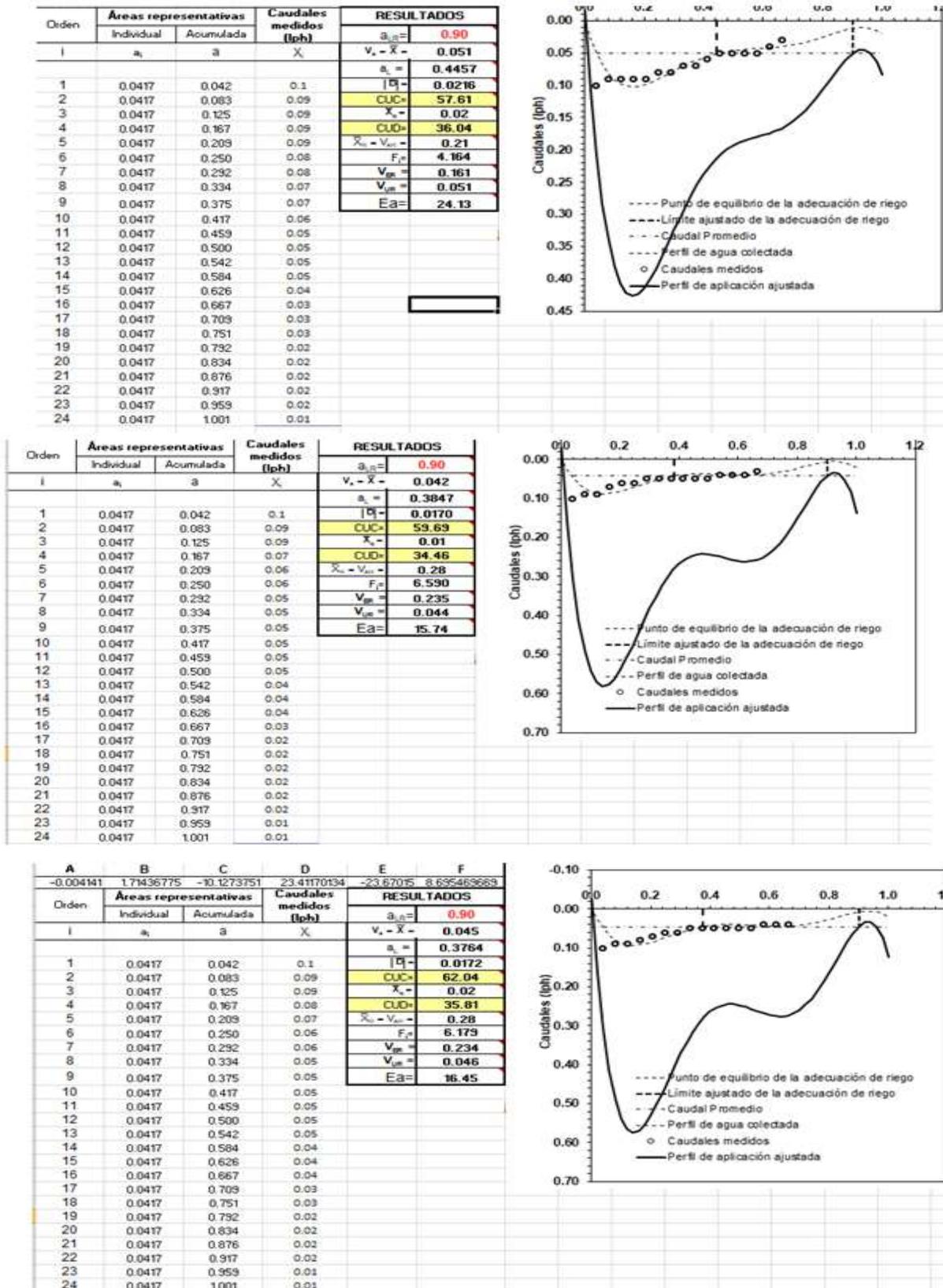
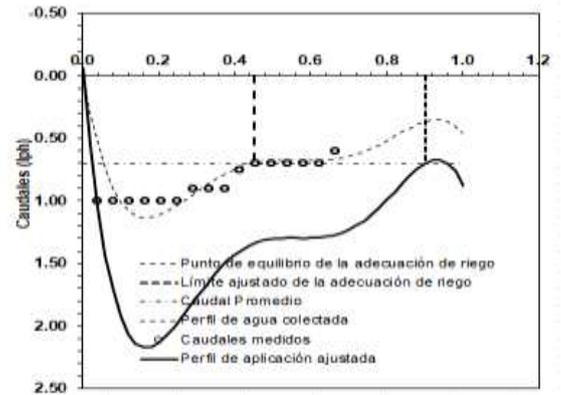
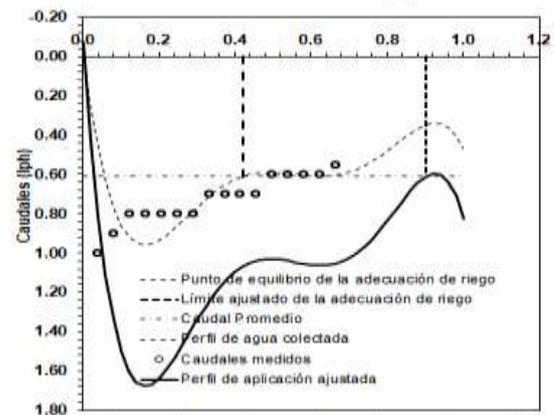


Figura 7. Tabla del Dr Eusebio Medrado para el tercer turno (Tenguel) Velazco, 2023

Parámetros del modelo (Constantes del polinomio)					
A	B	C	D	E	F
-0.034097	18.0917024	-35.7811923	207.8136935	-201.953	72.32302869
Orden	Áreas representativas		Caudales medidos (lph)	RESULTADOS	
	Individual	Acumulada		$a_{i,0}$	$V_x = \bar{X}$
i	a_i	a	X_i	a_i	V_{gr}
1	0.0417	0.042	1	0.90	0.701
2	0.0417	0.083	1	0.4506	
3	0.0417	0.125	1	0.1533	
4	0.0417	0.167	1	CUC= 78.14	
5	0.0417	0.209	1	$X_c = 0.44$	
6	0.0417	0.250	1	CUD= 62.19	
7	0.0417	0.292	0.9	$X_{c0} = V_{c0} = 1.34$	
8	0.0417	0.334	0.9	$F_{p0} = 1.913$	
9	0.0417	0.375	0.9	$V_{gr} = 0.639$	
10	0.0417	0.417	0.75	$V_{gr} = 0.703$	
11	0.0417	0.459	0.7	Ea= 52.37	
12	0.0417	0.500	0.7		
13	0.0417	0.542	0.7		
14	0.0417	0.584	0.7		
15	0.0417	0.626	0.7		
16	0.0417	0.667	0.6		
17	0.0417	0.709	0.6		
18	0.0417	0.751	0.5		
19	0.0417	0.792	0.5		
20	0.0417	0.834	0.5		
21	0.0417	0.876	0.45		
22	0.0417	0.917	0.4		
23	0.0417	0.959	0.4		
24	0.0417	1.001	0.4		



Parámetros del modelo (Constantes del polinomio)					
A	B	C	D	E	F
-0.041579	15.812259	-85.6282679	199.7058036	-187.2517	67.87324546
Orden	Áreas representativas		Caudales medidos (lph)	RESULTADOS	
	Individual	Acumulada		$a_{i,0}$	$V_x = \bar{X}$
i	a_i	a	X_i	a_i	V_{gr}
1	0.0417	0.042	1	0.90	0.610
2	0.0417	0.083	0.9	0.4198	
3	0.0417	0.125	0.8	0.1093	
4	0.0417	0.167	0.8	CUC= 82.08	
5	0.0417	0.209	0.8	$X_c = 0.41$	
6	0.0417	0.250	0.8	CUD= 67.77	
7	0.0417	0.292	0.8	$X_{c0} = V_{c0} = 1.07$	
8	0.0417	0.334	0.7	$F_{p0} = 1.749$	
9	0.0417	0.375	0.7	$V_{gr} = 0.453$	
10	0.0417	0.417	0.7	$V_{gr} = 0.614$	
11	0.0417	0.459	0.7	Ea= 57.52	
12	0.0417	0.500	0.6		
13	0.0417	0.542	0.6		
14	0.0417	0.584	0.6		
15	0.0417	0.626	0.6		
16	0.0417	0.667	0.55		
17	0.0417	0.709	0.5		
18	0.0417	0.751	0.5		
19	0.0417	0.792	0.45		
20	0.0417	0.834	0.45		
21	0.0417	0.876	0.44		
22	0.0417	0.917	0.4		
23	0.0417	0.959	0.4		
24	0.0417	1.001	0.4		



Parámetros del modelo (Constantes del polinomio)					
A	B	C	D	E	F
-0.03886	16.2469849	-84.44005	181.9279025	-174.7919	61.32844736
Orden	Áreas representativas		Caudales medidos (lph)	RESULTADOS	
	Individual	Acumulada		$a_{i,0}$	$V_x = \bar{X}$
i	a_i	a	X_i	a_i	V_{gr}
1	0.0417	0.042	1	0.90	0.604
2	0.0417	0.083	0.9	1.1019	
3	0.0417	0.125	0.9	0.0610	
4	0.0417	0.167	0.9	CUC= 106.93	
5	0.0417	0.209	0.9	$X_c = 0.41$	
6	0.0417	0.250	0.9	CUD= 60.39	
7	0.0417	0.292	0.9	$X_{c0} = V_{c0} = 1.35$	
8	0.0417	0.334	0.85	$F_{p0} = 1.970$	
9	0.0417	0.375	0.8	$V_{gr} = 0.679$	
10	0.0417	0.417	0.8	$V_{gr} = 0.668$	
11	0.0417	0.459	0.8	Ea= 49.59	
12	0.0417	0.500	0.8		
13	0.0417	0.542	0.7		
14	0.0417	0.584	0.7		
15	0.0417	0.626	0.7		
16	0.0417	0.667	0.65		
17	0.0417	0.709	0.65		
18	0.0417	0.751	0.6		
19	0.0417	0.792	0.55		
20	0.0417	0.834	0.5		
21	0.0417	0.876	0.5		
22	0.0417	0.917	0.4		
23	0.0417	0.959	0.2		
24	0.0417	1.001	0.2		

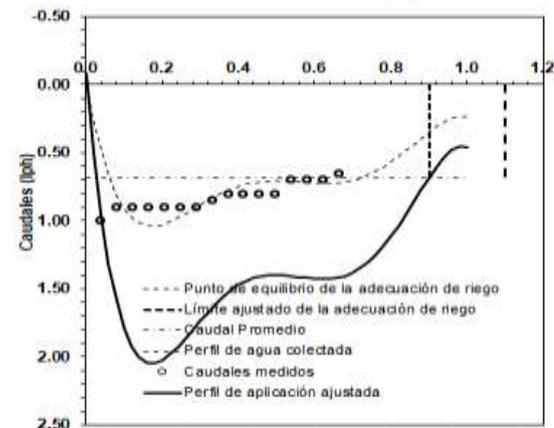


Figura 8. Tabla del Dr Eusebio Medrado para el primer turno (Balao Velazco, 2023)

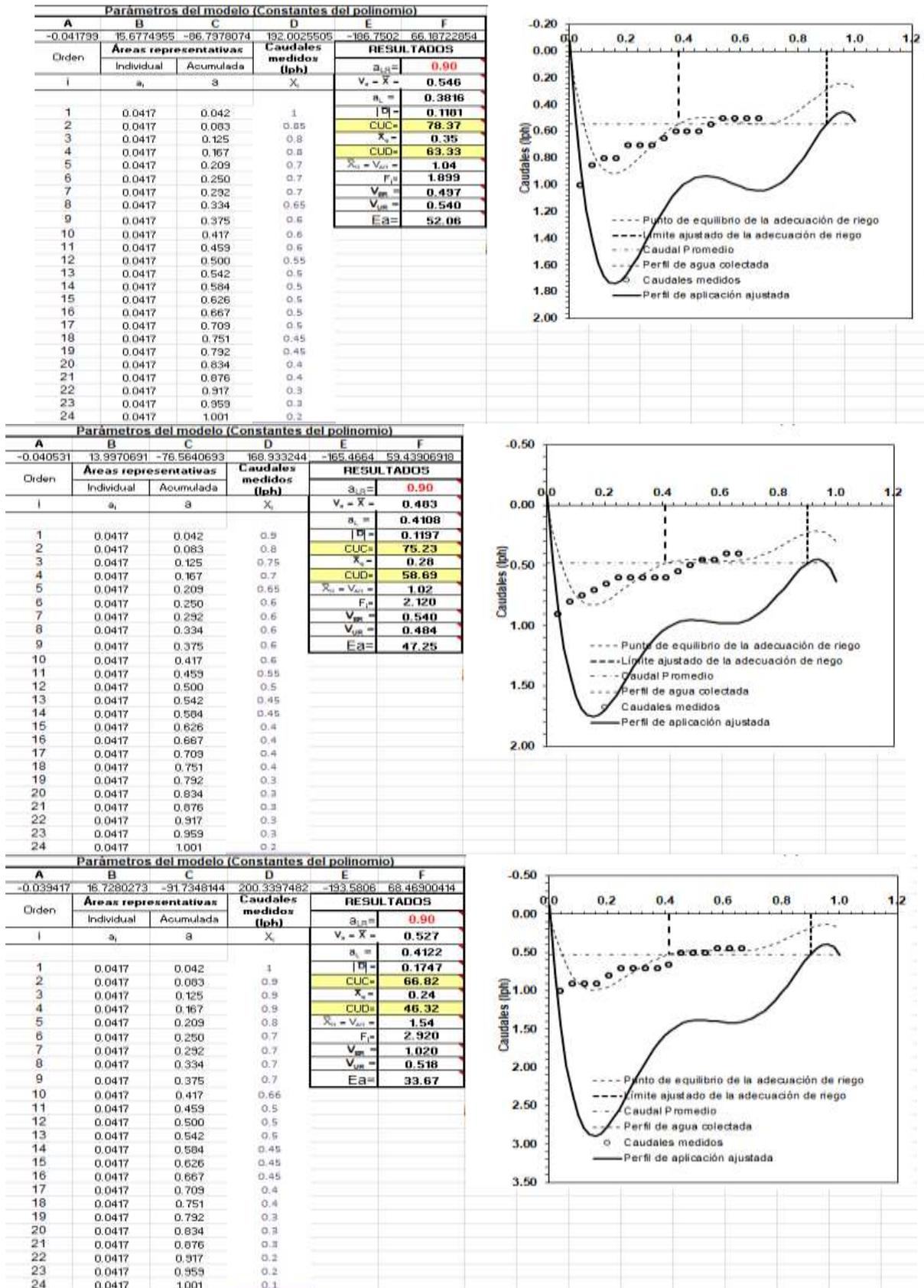
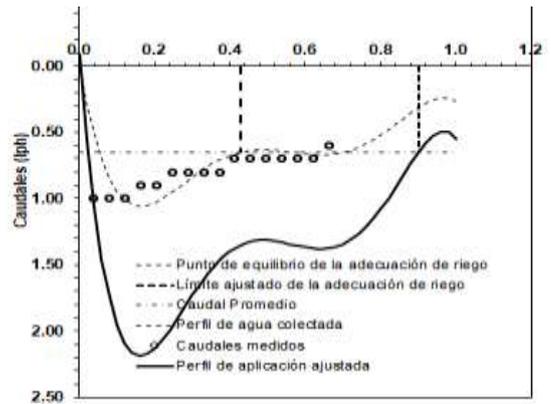


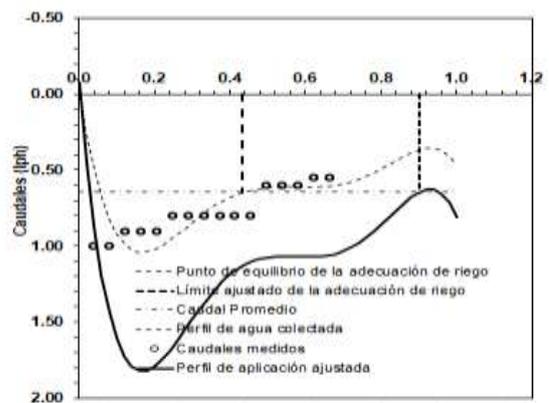
Figura 9. Tabla del Dr Eusebio Medrado para el segundo turno (Balao Velazco, 2023)

-0.04149 17.3719369 -93.7216043 205.3182556 -199.1563 70.49308215				
Orden	Áreas representativas		Caudales medidos (lph)	RESULTADOS
	Individual	Acumulada		
i	a_i	a	X_i	
1	0.0417	0.042	1	$a_{LR} = 0.90$
2	0.0417	0.083	1	$V_s - \bar{X} = 0.651$
3	0.0417	0.125	1	$a_e = 0.4300$
4	0.0417	0.167	0.9	$ D = 0.1359$
5	0.0417	0.209	0.9	CUC = 79.13
6	0.0417	0.250	0.8	$X_e = 0.38$
7	0.0417	0.292	0.8	CUD = 59.02
8	0.0417	0.334	0.8	$\bar{X}_e - V_{GR} = 1.35$
9	0.0417	0.375	0.8	$F_p = 2.060$
10	0.0417	0.417	0.7	$V_{GR} = 0.707$
11	0.0417	0.459	0.7	$V_{GR} = 0.640$
12	0.0417	0.500	0.7	Ea = 47.50
13	0.0417	0.542	0.7	
14	0.0417	0.584	0.7	
15	0.0417	0.626	0.7	
16	0.0417	0.667	0.6	
17	0.0417	0.709	0.5	
18	0.0417	0.751	0.5	
19	0.0417	0.792	0.5	
20	0.0417	0.834	0.45	
21	0.0417	0.875	0.4	
22	0.0417	0.917	0.4	
23	0.0417	0.959	0.4	
24	0.0417	1.001	0.1	



Parámetros del modelo (Constantes del polinomio)

-0.042068 16.6719343 -87.7636688 189.030099 -182.3422 64.90687842					
Orden	Áreas representativas		Caudales medidos (lph)	RESULTADOS	
	Individual	Acumulada			
i	a_i	a	X_i		
1	0.0417	0.042	1	$a_{LR} = 0.90$	
2	0.0417	0.083	1	$V_s - \bar{X} = 0.646$	
3	0.0417	0.125	0.9	$a_e = 0.4331$	
4	0.0417	0.167	0.9	$ D = 0.1346$	
5	0.0417	0.209	0.9	CUC = 79.17	
6	0.0417	0.250	0.8	$X_e = 0.43$	
7	0.0417	0.292	0.8	CUD = 66.10	
8	0.0417	0.334	0.8	$\bar{X}_e - V_{GR} = 1.13$	
9	0.0417	0.375	0.8	$F_p = 1.750$	
10	0.0417	0.417	0.8	$V_{GR} = 0.483$	
11	0.0417	0.459	0.8	$V_{GR} = 0.648$	
12	0.0417	0.500	0.6	Ea = 57.31	
13	0.0417	0.542	0.6		
14	0.0417	0.584	0.6		
15	0.0417	0.626	0.55		
16	0.0417	0.667	0.55		
17	0.0417	0.709	0.5		
18	0.0417	0.751	0.5		
19	0.0417	0.792	0.5		
20	0.0417	0.834	0.5		
21	0.0417	0.876	0.45		
22	0.0417	0.917	0.4		
23	0.0417	0.959	0.4		
24	0.0417	1.001	0.4		



Parámetros del modelo (Constantes del polinomio)

-0.037226 18.1542843 -93.4468512 218.6431277 -211.3323 74.20319571					
Orden	Áreas representativas		Caudales medidos (lph)	RESULTADOS	
	Individual	Acumulada			
i	a_i	a	X_i		
1	0.0417	0.042	1	$a_{LR} = 0.90$	
2	0.0417	0.083	1	$V_s - \bar{X} = 0.652$	
3	0.0417	0.125	1	$a_e = 0.4033$	
4	0.0417	0.167	1	$ D = 0.1442$	
5	0.0417	0.209	0.9	CUC = 77.90	
6	0.0417	0.250	0.85	$X_e = 0.37$	
7	0.0417	0.292	0.8	CUD = 57.11	
8	0.0417	0.334	0.8	$\bar{X}_e - V_{GR} = 1.41$	
9	0.0417	0.375	0.7	$F_p = 2.163$	
10	0.0417	0.417	0.7	$V_{GR} = 0.777$	
11	0.0417	0.459	0.7	$V_{GR} = 0.634$	
12	0.0417	0.500	0.7	Ea = 44.93	
13	0.0417	0.542	0.7		
14	0.0417	0.584	0.7		
15	0.0417	0.626	0.6		
16	0.0417	0.667	0.6		
17	0.0417	0.709	0.6		
18	0.0417	0.751	0.55		
19	0.0417	0.792	0.5		
20	0.0417	0.834	0.45		
21	0.0417	0.876	0.45		
22	0.0417	0.917	0.4		
23	0.0417	0.959	0.2		
24	0.0417	1.001	0.1		

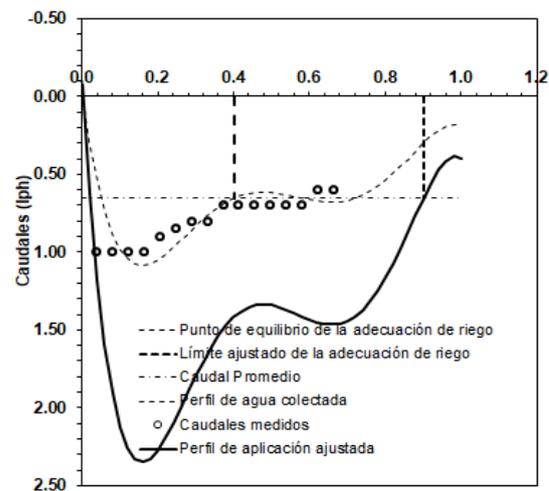


Figura 10. Tabla del Dr. Eusebio Medrado para el tercer turno (Balao) Velazco, 2023

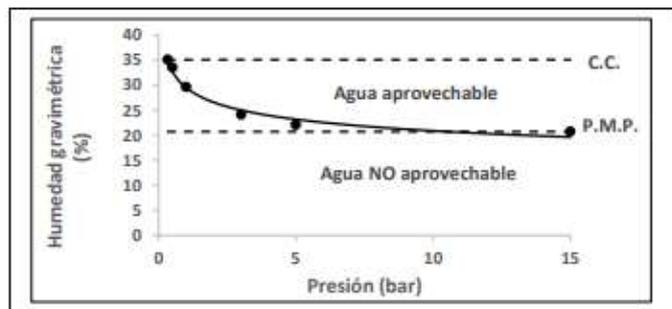
 <p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur km 1. S/N Cutuglagua; Teléfonos: (02)3007284 / (02)2504240; E-mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec</p>	 <p>Hoja 1 de 1</p>
---	---

REPORTE CURVA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO
INFORME DE ENSAYO No: 22-0701

NOMBRE DEL CLIENTE:	Velasco Campodónico Eduardo	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	22/11/2022
PETICIONARIO:	Velasco Campodónico Eduardo	HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	15:36
EMPRESA / INSTITUCIÓN:	Velasco Campodónico Eduardo	FECHA DE ANÁLISIS:	28/11/2022
DIRECCIÓN:	Atarazana Mz. Q3 Villa 9	FECHA DE EMISIÓN:	02/12/2022
E-MAIL:	sebastianvf96@gmail.com	ANÁLISIS SOLICITADO:	C.R.H.

N° LABORATORIO: 22-2592 IDENTIFICACIÓN: Muestra 1

Presión (bar)	Humedad gravimétrica	Unidad
0.33	35,1	%
0.50	33,6	%
1.0	29,7	%
3.0	24,1	%
5.0	22,1	%
15.0	20,7	%
C.C.	35,1	%
P.M.P.	20,7	%



Simbología
C.C.: Capacidad de campo. P.M.P.: Punto marchitez permanente.

Metodología
Curva de retención de humedad (C.R.H.): Ollas de presión de Richards.

Observaciones:

- Humedad Aprovechable (H.A.) es la humedad entre Capacidad de Campo (0.33 bares) y el Punto de Marchitez Permanente (15 bares).



IVAN RODRIGO
SAMANIEGO
MAIGUA

Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE DEL LABORATORIO



LOIS HUMBERTO
CACUANGO
POMISACHO

Lic. Luis Cacuango
LABORATORISTA

Figura 11. Análisis del suelo de Tenguel retención de humedad hecho por INIAP Santa Catalina Velasco, 2023

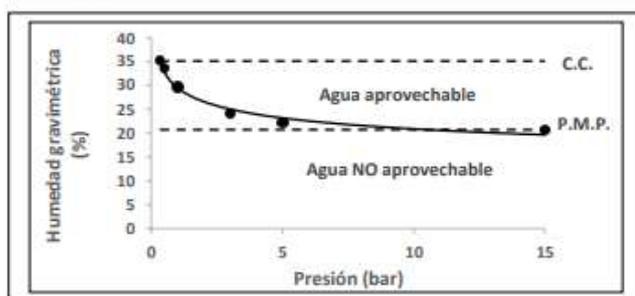
	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur km 1. 5/N Cutuglagua; Teléfonos: (02)3007284 / (02)2504240; E-mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec	
		Hoja 1 de 1

REPORTE CURVA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO
INFORME DE ENSAYO No: 23-0701

NOMBRE DEL CLIENTE:	Velasco Campodónico Eduardo	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	22/11/2022
PETICIONARIO:	Velasco Campodónico Eduardo	HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	15:36
EMPRESA / INSTITUCIÓN:	Velasco Campodónico Eduardo	FECHA DE ANÁLISIS:	28/11/2022
DIRECCIÓN:	Atarazana Mz. Q3 Villa 9	FECHA DE EMISIÓN:	02/12/2022
E-MAIL:	sebastianvf96@gmail.com	ANÁLISIS SOLICITADO:	C.R.H.

N° LABORATORIO: 23-2592 IDENTIFICACIÓN: Muestra 2

Presión (bar)	Humedad gravimétrica	Unidad
0.33	35,1	%
0.50	33,6	%
1.0	29,7	%
3.0	24,1	%
5.0	22,1	%
15.0	20,7	%
C.C.	30,5	%
P.M.P.	19,8	%



Simbología
C.C.: Capacidad de campo. P.M.P.: Punto marchitez permanente.

Metodología
Curva de retención de humedad (C.R.H.): Ollas de presión de Richards.

Observaciones:

- Humedad Aprovechable (H.A.) es la humedad entre Capacidad de Campo (0.33 bares) y el Punto de Marchitez Permanente (15 bares).



IVÁN RODRIGO
SAMANIEGO
MAIGUA

Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE DEL LABORATORIO



LUIS HUMBERTO
CACUANGO
PUNISACHO

Lic. Luis Cacuango
LABORATORISTA

Figura 12. Análisis del suelo de Balao retención de humedad hecho por INIAP Santa Catalina Velasco, 2023