



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter
Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,
como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Sistemas de riego por aspersión subfoliar en el cultivo de cacao
(*Theobroma cacao* L.)”

AUTOR:

Douglas Edison Vargas Acosta

TUTOR:

Ing. Agr. Marlon Pazos Roldan, MSc.

Babahoyo- Los Ríos - Ecuador

2022

RESUMEN

Establecer un sistema de riego subfoliar en un cultivo de cacao es uno de los métodos agronómicos más importantes, que permiten lograr el mayor progreso agrícola del cultivo aumentando su rendimiento potencial. Teniendo en cuenta que aplicación de riego es la incorporación de agua al suelo con el fin de aportar la humedad necesaria para el desarrollo de las plantas. El cacao es una planta que necesita un buen suministro de agua adecuado para llevar a cabo sus actividades metabólicas, siendo de gran importancia establecer un sistema de riego subfoliar, el cual permite aumentar la eficiencia del riego para lograr una sostenibilidad productiva y ambiental, en zonas donde el agua para riego no satisface la demanda. La información obtenida fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de que el lector conozca sobre el sistema de riego por aspersion subfoliar en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L). Por lo anteriormente detallado se determinó que existe una amplia aplicación del sistema de riego subfoliar en el cultivo de cacao, debido a que posee una eficiencia de aplicación muy alta (80%), siendo importante para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de cacao. El diseño agronómico es muy importante dentro del sistema de riego subfoliar basándose en las necesidades hídricas de las plantas en función del clima, tipo de suelo y el rendimiento del riego, así como el rango y tiempo de riego deseado en cada ciclo vegetativo. Los tipos de aspersores utilizados en el riego subfoliar en el cultivo de cacao son: Smooth Drive Boq # 7 (7/64") Lima, Xcel Wobbler, Xcel-Wobbler Boquilla # 9 Gris (9/64").

Palabras claves: Riego subfoliar, cacao, aspersores, eficiencia.

SUMMARY

Establishing a subfoliar irrigation system in a cocoa crop is one of the most important agronomic methods, which allows to achieve the greatest agricultural progress of the crop by increasing its potential yield. Taking into account that irrigation application is the incorporation of water to the soil in order to provide the necessary moisture for plant development. Cocoa is a plant that needs a good supply of adequate water to carry out its metabolic activities, being of great importance to establish a subfoliar irrigation system, which allows increasing the efficiency of irrigation to achieve productive and environmental sustainability in areas where irrigation water does not meet the demand. The information obtained was carried out through the technique of analysis, synthesis and summary, with the purpose of informing the reader about the subfoliar sprinkler irrigation system in the cultivation of cocoa (*Theobroma cacao* L). From the above detailed, it was determined that there is a wide application of the subfoliar irrigation system in the cocoa crop, because it has a very high application efficiency (80%), being important to meet the water needs of the cocoa crop. The agronomic design is very important within the subfoliar irrigation system based on the water needs of the plants according to climate, soil type and irrigation performance, as well as the range and time of irrigation desired in each vegetative cycle. The types of sprinklers used in subfoliar irrigation in the cocoa crop are: Smooth Drive Boq # 7 (7/64") Lime, Xcel Wobbler, Xcel-Wobbler Nozzle # 9 Gray (9/64").

Key words: Irrigation, subfoliar, cocoa, sprinklers, efficiency.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	2
MARCO METODOLÓGICO	2
1.1. Definición del tema caso de estudio	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Fundamentación teórica.....	3
1.5.1. Generalidades sobre el cultivo de cacao	3
1.5.2. Taxonomía del cacao	4
1.5.3. Usos	5
1.5.4. Importancia hídrica en el cultivo de cacao	5
1.5.5. Necesidades hídricas del cultivo de cacao	5
1.5.6. Riego en el cultivo de cacao	6
1.5.7. Tipos de sistema de riego aplicados en el cultivo de cacao.....	7
1.5.8. Sistema de riego subfoliar	8
1.5.8.1. Parámetros a considerar para establecer un sistema de riego subfoliar en cacao.	9
1.5.8.1.1. Diseño agronómico	9
1.5.8.1.2. Determinación del régimen riego.....	10
1.5.8.1.3. Evapotranspiración (ETo).....	11
1.5.8.1.4. Coeficiente de la evapotranspiración de cultivo (Kc)	11
1.5.8.1.5. Necesidades de riego.....	11
1.5.8.1.6. Lamina de riego	11
1.5.8.1.7. Intervalo de riego	12
1.5.8.1.8. Tiempo de riego	12
1.5.9. Ventajas del riego subfoliar.....	12
1.5.10. Desventajas del riego subfoliar.....	13
1.5.11. Tipos de aspersores para el riego subfoliar en cacao.....	13

1.5.11.1. Smooth Drive Boq # 7 (7/64") Lima	13
1.5.11.2. Xcel Wobbler	14
1.5.11.3. Xcel-Wobbler Boquilla # 9 Gris (9/64")	15
1.6. Hipótesis	16
1.7. Metodología de la investigación	16
CAPITULO II	17
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1. Desarrollo del caso	17
2.2. Situaciones detectadas (hallazgos)	17
2.3. Soluciones planteadas	17
2.4. Conclusiones	18
2.5. Recomendaciones (propuestas para mejorar el caso)	18
BIBLIOGRAFIA	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cualidades del aspersor Smooth Drive Boq # 7 (7/64") 13
Lima.....

Tabla 2. Cualidades del aspersor Xcel 14
Wobbler.....

Tabla 3. Cualidades del aspersor Xcel Wobbler Boquilla # 9 Gris 15
(9/64").....

INTRODUCCIÓN

El recurso agua se ha venido agotando desde hace muchos años atrás, debido a su inadecuada utilización y a otros factores tales como: cambio climático, contaminación, uso ineficiente en los distintos sectores de uso.

El cacao es un cultivo que requiere grandes cantidades de agua para poder explotar su amplio potencial de producción, en la cual se tiene como una tecnología viable y eficiente al sistema de riego por aspersión. Esto permite hacer el uso más eficiente del agua disponible, maximizar la producción y limitar las pérdidas de agua por percolación.

El riego por aspersión consiste en aplicar el agua de riego simulando una lluvia, esto se produce mediante la presión con la que el agua fluye al interior de la red de tuberías que componen el sistema de riego y es expulsada hacia la atmosfera a través de las boquillas de los aspersores.

El uso del diseño de riego por aspersión ofrece flexibilidad y un adecuado control del agua, permitiendo realizar riego en una amplia gama de suelos desde arenosos hasta arcillosos de alta o baja capacidad de infiltración, que en condiciones naturales no pueden ser regados con métodos tradicionales como el de gravedad que provoca el deterioro de suelos en pendientes pronunciadas.

El sistema de riego por aspersión está diseñado para ser empleado en distintas dimensiones, las cuales superan los problemas de topografía y tipo de suelo y permiten más control sobre la cantidad de agua aplicar, la uniformidad de distribución y la frecuencia de riego. Existen diferentes sistemas de riego por aspersión tales como: riego por microaspersión y riego por cañón.

El presente trabajo se desarrolló para adquirir y mejorar los conocimientos sobre el sistema de riego por aspersión subfoliar en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.

CAPITULO 1

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento trata sobre la temática correspondiente al sistema de riego por aspersión subfoliar en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.

1.2. Planteamiento del problema

El cacao es una planta muy sensible a la escase de agua, lo cual afecta el potencial de rendimiento del cultivo, por ello las necesidades de agua de este cultivo oscilan entre 1500 y 2500 mm. Generalmente el cultivo de cacao presenta bajas producciones en la época de verano, debido a la falta de cubrir las necesidades hídricas del cultivo, por no disponer de un sistema de riego que pueda suplir con las pérdidas que se generan debido al evapotranspiración del cultivo, entre otras causas.

1.3. Justificación

El cultivo de cacao constituye una de las principales opciones productivas del Ecuador, debido al aumento de la demanda a nivel internacional, por el auge de un buen precio de venta.

El incremento de la mano de obra y la baja disponibilidad del agua en las zonas de producción permite que las tecnologías de riego por aspersión se conviertan en alternativas viables para mejorar la producción del cultivo de cacao.

El diseño de un sistema de riego por aspersión permite la siembra y el riego oportuno del cultivo de cacao, en la cual se puede aplicar la cantidad de agua requerida por las plantas, manteniendo la humedad adecuada en el suelo, se reduce la mano de obra y se logra obtener una mayor productividad.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Recopilar información sobre los sistemas de riego por aspersión subfoliar en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir los diferentes diseños utilizados en un sistema de riego por aspersión subfoliar en el cultivo de cacao.
- Detallar las ventajas y desventajas de un sistema de riego por aspersión subfoliar en el cultivo de cacao.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Generalidades sobre el cultivo de cacao

El origen del cacao está definido en los trópicos húmedos de América. Se utilizaba en forma de chocolate. La tradición en aquellos tiempos, era que el árbol procedía de origen divino y las semillas cayeron del cielo (theos significa dios en griego y broma significa alimento). (Asociación Nacional del Café 2004)

Es un árbol de tamaño medio (5-8 m) aunque es capaz de alcanzar alturas de hasta 20 m cuando crece libremente. Su copa es densa, redondeada y con un diámetro de siete a nueve m. Tronco recto que se puede desarrollar en formas muy variadas, según las condiciones ambientales.(Salinas y Tomalá 2014)

El sistema radicular está formado por una raíz principal de grifo y muchas raíces secundarias, que se determinan dentro de los primeros 30 cm de suelo (Agrotendencia 2020).

Las hojas son sencillas, enteras y de color verde bastante variable (marrón suave, rojo o rojizo, inexperto pálido) y brevemente pecioladas (Agrotendencia 2020).

Las flores son de tamaño pequeño, están dispuestas en pequeños racimos sobre el tejido maduro de más de 365 días del tronco y las ramas, alrededor de los lugares en los que antes había hojas. Las flores se abren por la noche y puede ser fecundadas a lo largo del día siguiente. El cáliz es de color rosa con segmentos puntiagudos; la corola es blanquecina, amarilla o púrpura. Los pétalos son largos. La polinización es entomófila con una pequeña mosca del género *Forcipomya* (Fernández 2015).

El fruto posee diferentes formas, tamaño y coloración, son comúnmente en forma de baya, de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, acanalado, de forma elíptica y de color rojo, amarillo, púrpura o marrón. La pared del fruto es gruesa, dura o lisa y de consistencia coriácea. La culminación está dividida internamente en 5 células. La pulpa es blanca, roja o marrón, de sabor entre amargo y dulce y aromática. El contenido de semillas según la baya es de 20 a cuarenta y son planas o redondeadas, blancas, marrones o rojas, de sabor dulce o amargo. Empieza a dar frutos a los 3 o 4 años de la plantación, y se espera que pueda producir cacao adecuado durante 30 años (Fernández 2015).

1.5.2. Taxonomía del cacao

La clasificación taxonómica del cacao se describe de la siguiente manera, según Baudilio y Cumana (2016):

Reino: Plantae
Subreino: Tracheobionta
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Dilleniidae
Orden: Malvales
Familia: Malvaceae
Tribu: Theobromeae

Género: Theobroma

Especie: *Theobroma cacao* L.

1.5.3. Usos

El cacao se utiliza tanto en la industria farmacéutica como en la alimentaria. Industria farmacéutica y alimentaria. El extracto de teobromina para hacer diuréticos comerciales y diurético comercial y estimulante del sistema nervioso; se extrae la manteca de cacao. También se extrae manteca de cacao de las semillas (componente graso) para (elemento graso) para su aplicación en ungüentos o supositorios. Las semillas, desecadas y pisoteadas, constituyen el cacao en polvo cacao en polvo, la idea del chocolate. Una vez que las semillas han sido pisoteadas, tostadas y desengrasadas, se combinan con leche y azúcar, constituyendo el producto básico en la fabricación del chocolate (ANECACAO 2017).

1.5.4. Importancia hídrica en el cultivo de cacao

Es habitual observar el aplazamiento en la brotación, en aquellas plantas que no son muy enérgicas en comparación con otras plantas más robustas. Esta respuesta se debe a la realidad de que las anteriores gastaron bastante tiempo invirtiendo reservas y fuerza para fortalecer sus raíces para captar agua para satisfacer los deseos mínimos en sus funciones importantes, superando así la longitud seca (Gualpa 2014).

La vegetación de *Theobroma cacao* se considera hidroperiódica, y las precipitaciones son el máximo aspecto ambiental crítico e influyente para la fabricación de este cultivo bajo situaciones zonales, siendo los periodos lluviosos la principal causa ambiental que induce los brotes vegetativos y estimula las floraciones. Sin embargo, los periodos secos prolongados afectan a los procedimientos fisiológicos del cacao (Gualpa 2014).

1.5.5. Necesidades hídricas del cultivo de cacao

El agua representa entre el ochenta y el noventa por ciento de la carga dentro de los tejidos vivos de la planta, constituyendo no sólo la materia prima más eficaz para la fotosíntesis, sino también participando como un detalle vivo en sus alteraciones. En la estructura del cuerpo de las plantas, el agua es de primera importancia en muchos componentes, cuando se considera que como el principal disolvente de todos los minerales contenidos dentro del suelo (Orozco y López 2016).

El cacao es una planta sensible a la escasez de agua, pero también a los encharcamientos, por lo que son necesarios suelos bien aireados. El encharcamiento o el estancamiento pueden hacer que las raíces se asfixien y mueran en un tiempo totalmente breve. Las necesidades de agua oscilan entre 1500 y 2500 mm en las tierras bajas más cálidas y entre 1200 y 1500 mm en las regiones más frías o en los valles altos (Orozco y López 2016).

El cacao es una planta que necesita un buen suministro de agua para llevar a cabo sus actividades metabólicas. Siendo la lluvia el elemento climático que más varía en algún momento del año. Su distribución varía mucho de un lugar a otro y es el aspecto que determina las diferencias en el manejo de los cultivos (Orozco y López 2016).

La precipitación más ventajosa para el cacao es de 1.600 a 2.500 mm distribuidos en algún momento del año. Las precipitaciones que superan los 2.600 mm pueden afectar a la producción de cacao (Orozco y López 2016).

1.5.6. Riego en el cultivo de cacao

El riego es una práctica agrícola que ayuda a cubrir la escasez de las precipitaciones para una determinada necesidad hídrica de las plantas en un área específica. El manejo del riego fija cuando y cuanto hay que regar, según las exigencias de agua por parte del cultivo y las características edafoclimáticas.

Aplicar riego en un cultivo es uno de los métodos agronómicos más importantes, que permiten lograr el mayor progreso agrícola de las plantas aumentando sus rendimientos. La aplicación de riego es la incorporación de agua

al suelo con el fin de aportar la humedad necesaria para el desarrollo de las plantas.

El riego es de gran importancia y por tal motivo el uso de manera adecuada del agua para aumentar la eficiencia del riego es vital para una sostenibilidad productiva y ambiental, necesariamente en zonas donde el agua para riego no satisface la demanda (Larrea 2016).

Es primordial saber la cantidad y la calidad del agua que se va a suministrar, ya que esta puede contener contaminantes químicos y físicos. Dentro de la calidad del agua existen tres principios importantes que la definen: salinidad, sodicidad y toxicidad (Larrea 2016).

El riego en el cultivo del cacao, abarca temas como: riego por gravedad y el riego presurizado del cual se comenta acerca del riego por goteo, el riego por aspersión, riego subfoliar y el riego por micro-aspersión (Larrea 2016).

1.5.7. Tipos de sistema de riego aplicados en el cultivo de cacao

Existen diversos sistemas de riego aplicados en el cultivo de cacao, para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo, en la cual se enumeran los siguientes, según Larrea (2016):

- **Goteo:** es un método de riego utilizado en regiones áridas porque permite el uso más eficiente del agua y los fertilizantes.
- **Microaspersión:** es una variante del riego por aspersión (la cepa rocía cortinas de gotas de agua desde un emisor) pero con menor alcance: el agua no llega tan lejos y las gotas son más pequeñas. Por ello, los microaspersores son ideales para el riego de plantas pequeñas, incluidas las hortalizas.
- **Aspersión subfoliar:** es un aparato de riego que trata de imitar la lluvia. Es decir, el agua de riego se introduce en la vegetación a través de tuberías y mediante el uso de pulverizadores, denominados aspersores, y gracias a una tensión segura, el agua sube para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre el suelo a regar.

1.5.8. Sistema de riego subfoliar

Las estructuras de riego por aspersión o subfoliar tienen su inicio en los primeros años del siglo XX, donde al principio su precio era muy elevado, pero con el paso de los años su precio se fue reduciendo y su eficiencia fue mejorando con una amplia distribución, de tal manera que el esfuerzo disminuye. Su funcionamiento consiste en utilizar el agua en forma de lluvia a través del paso de la tensión por las tuberías y dispensada al suelo a través de los aspersores (Mora 2018).

El riego por aspersión es una de las estructuras más utilizadas dentro de la introducción de agua dentro de la forma de gotas de lluvia al suelo, para su gestión es muy esencial para darse cuenta de si el riego por aspersión cumple con los requisitos actuales del cultivo al que se aplica millas y cuáles son sus beneficios y desventajas en comparación con otras estructuras de riego (Mora 2018).

En los proyectos de riego por aspersión o subfoliar hay algo que influye sensiblemente en su costo y funcionamiento, esto es el uso de técnicas empíricas realizadas con la ayuda del personal técnico de los departamentos de ingresos de algunas casas comerciales mientras se calculan: la fuerza del motor y de la bomba, las tasas de flotación, los diámetros de las tuberías, las pérdidas por fricción y los programas de riego; por esta razón el sistema de riego de la plantación de cacao puede llegar a ser deficiente o sobredimensionado (Mora 2018).

En el campo del riego, la intervención de ingenieros agrónomos o expertos en el diseño de dispositivos de riego puede ser muy escasa, no como la que se confiere a algunas agencias comerciales, cuyo procedimiento puede ser muy empírico, lo que no asegura que la solicitud se haga bajo parámetros hidráulicos y agronómicos que garanticen una uniformidad verde de la distribución del agua y, por tanto, aseguren un rendimiento global asombroso de las estructuras de riego

desde el punto de vista financiero y el máximo aprovechamiento del agua dentro de los cuadros de riego (Mora 2018).

La eficiencia de la irrigación por aspersión no es la mejor manera de aplicar el agua en los campos agrícolas, sino que también depende de la selección adecuada de sus componentes principales, como las tuberías, los aspersores y los complementos (Mora 2018).

El tipo de aspersor se basará principalmente en el marco de riego y la precipitación, pensando en que la precipitación no debe superar la velocidad de infiltración del suelo, ya que, si esto ocurre, será motivo de encharcamiento o escorrentía. En otras palabras, si se riega más agua de la que el suelo es capaz de infiltrar, el movimiento del agua motivará el encharcamiento e incluso la erosión hídrica, cada uno de los cuales puede ser destructivo para el dispositivo de fabricación del cacao (Orozco y López 2016).

Numerosos autores han analizado los estudios hidráulicos sobre el rendimiento y la calidad del riego en estructuras de aspersión, basándose totalmente en el efecto que la presión de funcionamiento puede tener sobre el rendimiento, en términos de uniformidad del riego, en condiciones especiales de suelo, clima y cultivo (Orozco y López 2016).

1.5.8.1. Parámetros a considerar para establecer un sistema de riego subfoliar en cacao.

1.5.8.1.1. Diseño agronómico

El diseño agronómico se basa en las necesidades hídricas de las plantas en función de la climatología del lugar, el riego tiene unas normas basadas en el tipo de suelo y el rendimiento del riego, así como el rango y tiempo de riego deseado en cada ciclo vegetativo. Todo sistema de riego presurizado requiere un diseño agronómico para su uso preciso del agua en fases de aplicación (Aguilar 2021).

El diseño agronómico podría ser muy esencial dentro de la ruta de mejora del rendimiento del riego para las bendiciones del crecimiento y la reducción de los cargos. El diseño agronómico se basa totalmente en varios factores que consisten en el clima, el suelo y el cultivo, que le permite hacer los cálculos únicos para el riego correcto. La disposición agronómica es el cálculo que ha de garantizar que el dispositivo de riego sea capaz de impartir las necesidades del cultivo, durante el tiempo importante, regando un lugar del suelo para poder ser vital para una mejora precisa de la planta, es decir, lo que se busca es establecer cómo, dónde y cuánto se debe regar... Con lo que conseguimos las necesidades de riego, las duraciones y el tiempo de riego (Aguilar 2021).

1.5.8.1.2. Determinación del régimen riego

La determinación de régimen de riego de una plantación donde se establece la lámina de riego y el intervalo de riego se lo realiza a través de programa Cropwat 8.0 a partir de datos climatológicos de la zona, datos del cultivo, suelo y el riego establecido. Los datos para determinar el régimen de riego son los siguientes, según Aguilar (2021):

- Temperatura media
- Humedad relativa
- Velocidad del viento
- Horas luz
- Precipitación mensual
- Coeficiente de cultivo (Kc)
- Profundidad radicular (m)
- Tipo de suelo
- Porcentaje de capacidad de campo (CC)
- Porcentaje de punto de marchitez permanente (PMP)
- Densidad aparente (g/cm³)
- Descarga de aspersor
- Separación entre laterales y aspersores

1.5.8.1.3. Evapotranspiración (ET_o)

La evapotranspiración potencial es el complemento de las pérdidas de humedad por evaporación que tiene el suelo y además por la transpiración que realizan las plantas. La ET_o se la puede determinar a través de varios métodos, siendo el más utilizado el de Penman & Monteith aceptado por la FAO, que es calculado por el programa CROPWAT a través de variables climatológicas como la temperatura, horas luz, humedad relativa, precipitaciones y velocidad del viento (Calero y Pilatasig 2021).

1.5.8.1.4. Coeficiente único del cultivo (K_c)

Se refiere al total de agua perdida a la que los cultivos se exponen en las diferentes etapas vegetativas, y este está relacionado con el área foliar de manera directa. La variedad, el tipo de planta y la fase de desarrollo son componentes que se deben considerar al momento de calcular la ET_c que se desenvuelven en superficies grandes y bien manejadas (Gavilánez y Faria 2019).

1.5.8.1.5. Necesidades de riego

Es fundamental tener claro que la determinación de las necesidades de riego para las plantas es un parámetro fundamental para una correcta programación del riego. La programación de riego consiste en la planificación de planes de riego y se presenta en diferentes etapas a conocer: la primera es la estimación de cantidades de agua que se encuentra en la captación de agua, segundo es la valoración de un plan de cultivos y como último es las necesidades de riego del sistema. Para poder tener una buena utilización del agua se necesita hacer un buen plan de riego, considerando las condiciones climáticas (Meneses 2019).

1.5.8.1.6. Lámina de riego

La lámina de aplicación de riego es el total que se va a suministrar de agua en el riego por cada superficie. Se puede medir en mm de agua o como m³/ha. Para poder calcular la lámina de agua se toman en cuenta el volumen de acumulación en el suelo de agua determinada por la CC y el PMP, así mismo se

considera la profundidad radicular de las plantas y las características físicas del suelo (Tandazo *et al* 2018).

El proceso de cálculo de correctas láminas de riego es muy importante para el correcto uso del agua en los cultivos y para poder garantizar la sostenibilidad del agroecosistema. La gran mayoría de la responsabilidad del mal uso del agua cumple al mal cálculo de las láminas de riego por el desconocimiento de la determinación del K_c o la E_{To} de cultivo, por lo que conlleva aplicar láminas de riego grandes, que restringen la aeración del suelo (Tandazo *et al* 2018).

1.5.8.1.7. Intervalo de riego

Para lograr mejorar la eficiencia del riego en el campo agrícola, es necesario calcular el gasto diario de agua por superficie, y así poder establecer el día oportuno de riego y la lámina adecuada por aplicar. El intervalo de riego es el tiempo que transcurre de un riego a otro, es decir el tiempo que transcurrirá desde que la lámina de agua suministrada hasta que es consumida, referido en días (Valencia *et al* 2017).

1.5.8.1.8. Tiempo de riego

La importancia de una programación de tiempo de riego, da una aproximación muy puntual del comportamiento real de la cantidad de humedad en el suelo, lo cual ayuda en la toma de decisiones de cuándo y cuánto regar con una mayor eficiencia. Su cálculo se da de acuerdo a la lámina de riego bruta de aplicación sobre la intensidad pluviométrica de los aspersores (Valencia *et al* 2017).

1.5.9. Ventajas del riego subfoliar

El riego subfoliar tiene las siguientes ventajas, según Quijano (2017):

- Admite un ahorro más eficiente de agua a diferencia del sistema de riego superficial.
- Se utiliza poca mano de obra.
- Se pueden aplicar pequeños caudales de agua.

- Son empleados en cualquier tipo de suelo y poco profundos.
- Es accesible a trabajar en lugares de topografías irregulares.
- Posee una eficiencia de aplicación muy alta (80%).
- Facilita un lavado de sales más eficiente y reducción de la pérdida de fertilizantes por lixiviación.

1.5.10. Desventajas del riego subfoliar

El riego subfoliar tiene las siguientes desventajas, según Quijano (2017):

- Costo de instalación muy elevados.
- Costo de motores de combustión o motores eléctricos muy elevados.
- El sistema no se asienta a suelos con baja infiltración (<3mm/h).
- En sitios con vientos fuertes y excesivos provoca una disminución de la eficiencia de aplicación.

1.5.11. Tipos de aspersores para el riego subfoliar en cacao

1.5.11.1. Smooth Drive Boq # 7 (7/64”) Lima

El aspersor Smooth Drive presenta las siguientes características, según Plastigama (2020):

- Es un aspersor especialmente diseñado para el riego subfoliar del cacao.
- Su difusor móvil de características únicas contribuye a producir un patrón de aspersion extremadamente uniforme y sin distorsiones causadas por las columnas de soporte
- Deflector de precisión que suministra mayor alcance y mejor distribución con un mecanismo avanzado de freno, que brinda una velocidad de rotación suave y uniforme.
- Método de armado sencillo, no requiere herramientas para acceder a la boquilla.

Tabla 1. Cualidades del aspersor Smooth Drive Boq # 7 (7/64”) Lima.

Smooth Drive Boq # 7 (7/64”) Lima	Presión en la boquilla (PSI)			
	25	30	35	40
Caudal (gpm)	1.68	1.84	1.99	2.12
Diámetro a 0.50 m	18.43	19.10	19.65	19.90

1.5.11.2. Xcel Wobbler

El aspersor Xcel Wobbler presenta las siguientes características, según Plastigama (2020):

- El aspersor Xcel Wobbler presenta un diseño balanceado mucho más suave, maximiza el área de cobertura, proporcionando una mayor uniformidad.
- Mayor diámetro a bajas presiones, con menos pérdidas de evaporación.
- Posee una construcción fuerte y de gran durabilidad.
- Presenta menos pérdida de agua con una aplicación inmediata parecida a una lluvia natural.
- Este aspersor está disponible en conexión a rosca hembra de ½” y ¾”.

Tabla 2. Cualidades del aspersor Xcel Wobbler.

Xcel Wobbler	Presión de trabajo (PSI)				
	10	15	20	25	30
Boquilla 6 (Gold) R/M ½					
Caudal (gpm)	0.78	0.95	1.10	1.35	1.35
Diámetro a 0.50 m	10.38	12.05	12.97	13.43	13.43
Boquilla 7 (Lima) R/M ½					
Caudal (gpm)	1.06	1.3	1.5	1.68	1.84
Diámetro a 0.50 m	10.68	12.36	13.12	13.58	13.73

Boquilla 10 (Turquesa) R/M ½ y ¾					
Caudal (gpm)	2.22	2.72	3.14	3.51	3.85
Diámetro a 0.50 m	11.60	13.28	14.04	14.50	14.65

1.5.11.3. Xcel-Wobbler Boquilla # 9 Gris (9/64")

El aspersor Xcel Wobbler presenta las siguientes características, según Senninger (2020):

- El aspersor Xcel – Wobbler utiliza tecnología de acción rotativa no centrada de Senninger, con un patron de aplicación instantáneo y uniforme en grandes áreas, con pérdidas muy bajas de evaporación.
- Posee un contrabalanceo reduce la vibración, con un rendimiento suave y estable.
- Presenta baja pérdida por viento y evaporación a bajas presiones.

Tabla 3. Cualidades del aspersor Xcel Wobbler Boquilla # 9 Gris (9/64").

Xcel-Wobbler Boquilla # 9 Gris (9/64")	Presión en la boquilla (PSI)			
	10	15	20	25
Caudal (gpm)	1.8	2.20	2.54	2.84
Diámetro a 1.5 pies de altura	42	46.5	47	51.5

1.5.11.4 Senninger 2014 – 3012

El aspersor Senninger 2014 - 3012 presenta las siguientes características, según Senninger:

- Bajo ángulo de aspersion, que no permite daños al racimo de la fruta.

- Fácil mantenimiento con opciones de reemplazar cualquier componente.
- Gran stock de boquillas y repuestos originales Senninger.
- Disponemos de varios accesorios para hacer más seguro su aspersor, como su nuevo acople rápido para una fácil instalación y el adaptador antirrobo.

Aspersores	Presión en la boquilla (PSI)					
	25	30	35	40	45	50
2014 HS -1 - 1/2" M						
Boq #7 (7/64") LIMA						
Caudal (gpm)	1.68	1.84	1.99	2.12	2.25	2.37
Diametro a 0.50 m	20.14	20.75	21.36	21.97	22.58	22.89
Boq #9 (9/64") Gris						
Caudal (gpm)	2.81	3.08	3.33	3.56	3.78	3.98
Diametro a 0.50 m	21.06	21.67	22.28	22.89	23.50	23.80
3012 - 1- 3/4" M						
Boq #9 (9/64") Gris						
Caudal (gpm)	2.81	3.08	3.33	3.56	3.78	3.98
Diametro a 0.50 m	21.67	22.89	23.80	24.72	25.63	26.25

1.6. Hipótesis

Ho= No es de vital interés conocer sobre el sistema de riego por aspersión subfoliar en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).

Ha= Es de vital interés conocer sobre el sistema de riego por aspersión subfoliar en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).

1.7. Metodología de la investigación

Para el desarrollo del presente documento se recolectó información bibliográfica de libros, revistas, periódicos, artículos científicos, páginas web, ponencia, tesis de grado, congresos y manuales técnicos.

La información obtenida fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de que el lector conozca sobre el sistema de riego por aspersión subfoliar en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).

CAPITULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

La finalidad de este documento fue recolectar información referente a los sistemas de riego por aspersión subfoliar en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).

2.2. Situaciones detectadas (hallazgos)

Establecer un sistema de riego subfoliar en un cultivo de cacao es uno de los métodos agronómicos más importantes, que permiten lograr el mayor progreso agrícola del cultivo aumentando su rendimiento potencial. Teniendo en cuenta que aplicación de riego es la incorporación de agua al suelo con el fin de aportar la humedad necesaria para el desarrollo de las plantas.

El cacao es una planta que necesita un buen suministro cuanto de agua adecuado para llevar a cabo sus actividades metabólicas, siendo de gran importancia establecer un sistema de riego subfoliar, el cual permite aumentar la eficiencia del riego para lograr una sostenibilidad productiva y ambiental, en zonas donde el agua para riego no satisface la demanda.

2.3. Soluciones planteadas

Es necesario conocer que el sistema de riego subfoliar distribuye el agua dentro de la forma de gotas de lluvia al suelo, para su gestión es muy esencial darse cuenta de si el riego subfoliar cumple con las necesidades hídricas del cultivo, el mismo que posee sus ventajas y desventajas en comparación con otros sistemas de riego.

Para lograr una mayor eficiencia de la irrigación por el sistema de riego subfoliar en el cultivo de cacao, se debe considerar la selección adecuada de sus componentes principales, como las tuberías, los aspersores y los complementos.

2.4. Conclusiones

En la perspectiva sobre el sistema de riego por aspersión subfoliar en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).

- Existen un amplia aplicación empleo del sistema de riego subfoliar en el cultivo de cacao, debido a que posee una eficiencia de aplicación muy alta (80%), siendo importante para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de cacao.
- El diseño agronómico es muy importante dentro del sistema de riego subfoliar basándose en las necesidades hídricas de las plantas en función del clima, tipo de suelo y el rendimiento del riego, así como el rango y tiempo de riego deseado en cada ciclo vegetativo no es importante el diseño hidráulico.
- Los tipos de aspersores utilizados en el riego subfoliar en el cultivo de cacao son: Smooth Drive Boq # 7 (7/64") Lima, Xcel Wobbler, Xcel-Wobbler Boquilla # 9 Gris (9/64").

2.5. Recomendaciones (propuestas para mejorar el caso)

Por lo anteriormente detallado se recomienda:

Es factible un sistema de riego subfoliar en el cultivo de cacao, debido a que permite un ahorro más eficiente de agua a diferencia de otros sistemas de riego.

- Sistema riego por Goteo.
- Sistema de riego por microaspersión.

BIBLIOGRAFIA

- ANECACAO (Asociación Nacional de Exportadores. de Cacao e Industrializados del Ecuador). 2017. Manual del Cultivo de cacao. Ecuador. 80 p.
- Aguilar, H. 2021. Incidencia del intervalo de riego en sistema de irrigación subfoliar, aplicando fertirriego y fertilización edáfica en la producción de banano. Tesis Ing. Agr. Machala, Ecuador. UTMACH. 62 p.
- Agrotendencia. 2020. El cacao (en línea). Consultado el 30 marz. 2022. Disponible en <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-cacao/>
- Baudilio, J. y Cumana, L. 2016. Revisión taxonómica del género theobroma (sterculiaceae) en Venezuela. Acta Botánica Venezuelica 28(1): 1-22.
- Calero, N. y Pilatasig, M. 2021. Diseño agronómico e hidráulico para la implementación de un sistema de riego por aspersion en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) de variedad CCN51. Tesis Ing. Agr. La Mana, Ecuador. UTE. 104 p.
- Fernández, D. 2015. Cultivo de cacao. ANACAFE. Colombia. 24 p.
- Gaibor, L. 2017. Efecto del riego por aspersion para la optimización del rendimiento en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-51 en época seca, en el cantón Quinsaloma, provincia de Los Ríos. Tesis Ing. Agr. Quevedo, Ecuador. UTEQ. 87 p.
- Gavilánez, F. y Farias, S. 2019. Método del Cenirrómetro como alternativa de programación de riego por aspersion en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). Acta Agronómica, 68(1), 29–34.
- Gualpa, F. 2014. Diseño de un proyecto de riego por goteo y microaspersion para el cultivo de cacao en el Congoma, Santo Domingo de los Tsáchilas. Tesis Ing. Agr. Santo Domingo, Ecuador. ESPE. 140 p.
- Larrea, M. 2016. El cultivo de cacao nacional: un bosque generoso. CORPEI. Ecuador. 40 p.

- Mora, J. 2018. Irrigación de Precisión en Cultivo de Cacao. Senninger. 77 p.
- Meneses, D. 2019. Efecto de la interacción de la poda y el riego por goteo sobre la fenología y los rendimientos del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Mercaderes, Cauca. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Popayan. UDC. 107 p.
- Orozco, L. y López, A. 2016. Balance de agua y requerimientos de riego en cacao. Esquina Técnica 6(2): 1-7.
- Plastigama. 2020. Soluciones para riego Plastigama (en línea). Consultado 02 abril. 2022. Disponible en: https://www.casadelriegoecuador.com/wp-content/uploads/2020/09/catalogo_agricola_2015-10.pdf
- Quijano, R. 2017. Riego presurizado en el cultivo de cacao. CORPEI. Ecuador. 30 p.
- Senninger. 2020. Xcel-Wobbler (en línea). Consultado 02 abril. 2022. Disponible en: <https://www.senninger.com/sites/senninger.hunterindustries.com/files/xcel-wobbler-aspensor-cutsheet.pdf>
- Tandazo, J., Caicedo, O., Salas, C. Sánchez, V. 2018. Calidad del riego por aspersión subfoliar en *Theobroma cacao* L. en la finca San Vicente, Los Ríos, Ecuador. Revista de las Agrociencias 20(2): 1-10.
- Valencia, J., Monserrate, F., Da Silva, M. y Quintero, M. 2017. Evaluación hidrológica y recomendaciones de manejo de agua para la Alianza Cacao en El Salvador. CIAT. Colombia. 41 p.