



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



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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

“Descripción del sistema de riego en la finca cacaotera Botón de Oro de la parroquia La Unión cantón Babahoyo”

**AUTOR:**

Oliver Geovanny Velasco Guim

**TUTOR:**

Ing. Agr. Marlon Pazo Roldán MSc

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador  
2019

## **DEDICATORIA**

A mi hija la bendición más grande que me pudo obsequiar la vida, por y para ella son todos mis triunfos.

A mi madre que me formó con buenos sentimientos, hábitos y valores, que me han ayudado a salir adelante en las adversidades de la vida.

A mi padre por su apoyo incondicional, enseñándome lo bueno de la vida.

A mi esposa por estar siempre a mi lado para triunfar juntos y darle una mejor vida a nuestra hija.

A mi mamita Gloria, por todo su amor brindado esto va para Usted.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi hija por ser el motivo que me impulsó salir adelante para darle la mejor vida. Le doy gracias por el apoyo incondicional y la confianza brindada a mis padres, que sin duda me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi mamita Gloria, que en paz descansa, me enseñó valores y me crió haciéndome una persona de bien, dedicado; toda su vida a nuestro cuidado y por preocuparse que nada falte.

A mi esposa por soportarme y ayudarme todos estos años de mi carrera para continuar y nunca renunciar.

A mis hermanos por guiarme y cuidarme siempre aconsejándome por el bien, pasando momentos inolvidables de mi vida. Y gracias a todos los que me brindaron su ayuda en este proyecto.

## RESUMEN

### DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO EN LA FINCA CACAOTERA BOTÓN DE ORO DE LA PARROQUIA LA UNIÓN CANTÓN BABAHOYO

**AUTOR:**

Oliver Geovanny Velasco Guim

**TUTOR:**

Ing. Agr. Marlon Pazo Roldán, MSc.

La descripción del sistema de riego se lo ejecutó en un cultivo establecido de cacao ubicada en la parroquia La Unión del cantón Babahoyo, en las coordenadas UTM 678355,1; 9810642,1 del Datum WGS-84. La superficie cultivada corresponde a 3 hectáreas, en su totalidad se encuentra sembrada la variedad CCN-51. Con un respectivo marco de siembra de 3x3. El sistema de riego aplicado en la plantación corresponde a un diseño de micro aspersion. El terreno del cultivo presentó una textura Franco-arenoso. El sistema de riego por micro aspersion del cultivo de la finca Botón de Oro presentó un Coeficiente de Uniformidad de 96,47 %, de acuerdo a la clasificación de los coeficientes de uniformidad registrado por Merriam y Keller (1978), el sistema de riego registró un tipo de uniformidad Excelente, por lo que se encuentra en el rango de 90 a 100 %. Que el sistema de riego haya presentado una calificación de excelente no quiere decir que se encuentre en buenas condiciones, pues el 4 % faltante indica que la lámina de agua aplicada al cultivo de cacao de la finca Botón de Oro no este humedeciendo apropiadamente la plantación, por tanto, no debe estar siendo regada debidamente en los temporales secos.

**Palabras clave:** Riego aspersion, Coeficiente de Uniformidad, Requerimiento hídrico, cacao.

## **SUMMARY**

### **DESCRIPTION OF THE IRRIGATION SYSTEM IN THE GOLDEN BUTTON COCOA FARM OF THE PARISH LA UNION BABAHOYO CITY**

#### **AUTHOR:**

Oliver Geovanny Velasco Guim

#### **TUTOR:**

Ing. Agr. Marlon Pazo Roldán, MSc.

The description of the irrigation system was executed in an established cocoa crop located in the parish La Unión del canton Babahoyo, at coordinates UTM 678355,1; 9810642.1 datum WGS-84. The cultivated area corresponds to 3 hectares, in its entirety is sown the variety CCN-51. With a respective 3x3 planting frame. The irrigation system applied in the plantation corresponds to a micro spray design. The soil of the crop presented a Franco-sandy texture. The micro spray irrigation system of the gold button farm had a uniformity coefficient of 96%, according to the classification of the uniformity coefficients recorded by Merriam and Keller (1978), the irrigation system recorded a type of Excellent uniformity, so it is in the range of 90 to 100 %. Just because the irrigation system has presented an excellent rating does not mean that it is in good condition, since the 4% missing indicates that the water sheet applied to the cocoa crop of the Gold Button farm is not properly moistening the planting, therefore, should not be being watered properly in dry storms.

**Key words:** Spray irrigation, Uniformity coefficient, Water requirement, cocoa.

# ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>II</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE AUTORÍA INTELECTUAL</b> .....	<b>IV</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>IV</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURA</b> .....	<b>VII</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
OBJETIVO GENERAL .....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
<b>II. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>3</b>
2.1. DEFINICIÓN DEL TEMA CASO DE ESTUDIO.....	3
2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2.3. PREGUNTAS ORIENTADAS PARA EL ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	3
2.4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.4.1. <i>Generalidades sobre el cultivo de cacao</i> .....	5
Taxonomía del cacao.....	5
Clasificación científica del cacao.....	7
2.4.2. <i>Importancia hídrica en el cultivo de cacao</i> .....	8
Necesidades hídricas del cacao.....	8
2.4.3. <i>Definición de sistemas de riego</i> .....	9
Clasificación de los sistemas de riego.....	9
2.5. HIPÓTESIS.....	13
2.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	13
2.6.1. <i>Método de estudio</i> .....	13
<b>III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>14</b>
3.1. DESARROLLO DEL CASO .....	14
3.2. SITUACIONES DETECTADAS.....	15
3.3. SOLUCIONES PLANTEADAS.....	17
<b>IV. CONCLUSIONES</b> .....	<b>18</b>
<b>V. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>19</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>20</b>
<b>ANEXO</b> .....	<b>26</b>

## ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA 1. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO .....	10
--	----

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD POR MERRIAN Y KELLER, 1978.....	14
TABLA 2. PARÁMETROS DEL SISTEMA DE RIEGO POR MICRO ASPERSIÓN DE LA FINCA CACAOTERA BOTÓN DE ORO UBICADA EN LA PARROQUIA LA UNIÓN, 2019.....	15
TABLA 3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO FRANCO-ARENOSO.....	16
TABLA 4. DATOS DE Q MM/MIN DE LAS UNIDADES DE RIEGO EN EL SISTEMA DE MICRO ASPERSIÓN EN LA FINCA CACAOTERA BOTÓN DE ORO DE LA PARROQUIA LA UNIÓN	16

## I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie vegetal que fue clasificada por el botánico Carlos Linneo, es un árbol que llega a alturas de 4 a 8 metros de la familia *Esterculiaceae*, es nativo de la región amazónica del Ecuador; también se encuentra presente en Brasil, Perú, Colombia, Venezuela hasta la región subtropical de México. Presenta semillas que contienen alto contenido de grasa (40 – 50 %) y polifenoles (10 % del peso del grano seco). (Clough *et al.* 2009)

El cacao variedad CCN-51 es un clon que fue obtenido en Ecuador, caracterizándose por su productividad que en comparación con el cacao nacional lo supera cinco veces más en rendimiento. Este *clon* además de presentar buenos resultados en su productividad, presenta tolerancia a la enfermedades y excelente comportamiento agronómico; factores que lo convierten en el favorito de los cacaoteros del Ecuador. (Vera *et al.* 2014)

El riego es una labor de gran importancia en las prácticas agrícolas aplicadas en los cultivos de cacao; dependiendo de las condiciones climáticas y de las propiedades físicas que se encuentra el suelo. Existiendo dos métodos para proporcionar de riego a una plantación de *Theobroma cacao*: Métodos superficiales y métodos presurizados; determinando la factibilidad técnica y economía del agricultor en seleccionar el mejor método de riego, teniendo presente las condiciones climáticas y edafológicas.

Sin embargo, el principal problema existente entre los productores de cacao en el manejo del riego en sus cultivos, la misma que se conduce de manera no tecnificada; los agricultores están a expensas de las precipitaciones de la zona, una forma precaria que conlleva al estrés hídrico de los cultivos.

## **OBJETIVO GENERAL**

Describir el sistema de riego aplicado en la finca cacaotera Botón de Oro de la parroquia La Unión cantón Babahoyo

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Especificar el sistema de riego en cultivos de cacao mediante revisión literaria
- Definir el método de riego en el cultivo de cacao
- Determinar la incidencia del riego aplicado en el cacao

## **II. MARCO METODOLÓGICO**

### **2.1. DEFINICIÓN DEL TEMA CASO DE ESTUDIO**

El tema de investigación escogido para el proceso de titulación y optar por el título de Ingeniero Agrónomo es:

Descripción del sistema de riego en la finca cacaotera Botón de Oro de la parroquia La Unión cantón Babahoyo

### **2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

De acuerdo a bases de datos del GAD Parroquial de La Unión (2015), esta zona se encuentra localizada en la región litoral o costa, en la zona central del Ecuador, integrada por 24 recintos. Considerada como la región de mayor producción bananera de la provincia de Los Ríos, y como uno de los sectores de gran producción de cacao del cantón Babahoyo; en especial los recintos que se encuentran localizados a zonas aledañas a los caudales y esteros localizadas en la parroquia La Unión: ríos Pita, Clementina, Telimbela y Potosí; esteros Guasape, Agua fría, Playón y Cacharí, que proveen de agua en su mayoría para el riego de los cultivos de banano. Sin embargo, al poseer gran cobertura hídrica en la parroquia existe falta de agua en para los cultivos de cacao, que afectan de manera directa el rendimiento y producción, es de aquí donde se plantea el problema y disponer de sistemas de riego que cubran las necesidades hídricas de cultivos de cacao de La Unión, cuando estos no logren ser cubiertas de manera natural.

### **2.3. PREGUNTAS ORIENTADAS PARA EL ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

- ¿El requerimiento hídrico se abastece con simplemente implementar un sistema de riego en los cultivos?
- ¿La evaluación del coeficiente de uniformidad del riego por aspersion podría solucionar posibles problemas en el abastecimiento del agua en los cultivos?

- ¿La producción de un cultivo de cacao mejora con la instalación de un sistema de riego por aspersión?
- ¿Cuál es el requerimiento hídrico del cultivo de cacao?

## **2.4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.4.1. GENERALIDADES SOBRE EL CULTIVO DE CACAO**

*Theobroma cacao* L., es un árbol que según estudios arqueológicos es originario de las selvas neotropicales, en especial de las cuencas del Amazonas. Estudios más recientes demostraron que su zona de origen en específico es en la zona amazónica del Ecuador; sin embargo, con ayuda de la comercialización se ha podido diseminar a través de la zona centro y sur de América, África occidental y Asia suboriental. (Osorio G. *et al.* 2017)

El árbol de cacao crece en un rango de 5 a 8 metros, posee unas hojas lanceoladas y flores pequeñas que se encuentran ubicadas en los tejidos maduros del tronco y ramas, el fruto es una baya de buen tamaño que se denomina mazorca; dentro del fruto se encuentran más de 20 semillas de color violeta y blanco incrustadas en una masa de pulpa. (López Medina 2017)

Además, el cacao es considerado como un súper alimento gracias a la capacidad antioxidante que posee y por su contenido de compuestos como polifenoles, que se encuentran vinculados a ciertas atribuciones benéficas para la salud humana. También posee otros compuestos orgánicos muy útiles para la industria farmacológica, por ejemplo: la cafeína, teofelina y teobromina que ayudan al sistema cardiovascular y nervioso; y otros usos como antirreumático y analgésico. (Crozier *et al.* 2011; Waizel-haiat *et al.* 2012)

### **Taxonomía del cacao**

Cuatrecasas (1964) cita la taxonomía del cacao por Linnaeus en 1737, mencionando:

Linneo (*Genera Plantarum*) introduce el cacao en 18 clases de clasificación hia, en Polyadelphia pentandria dándolo un nuevo nombre *Theobroma*, que significa “Alimento de los dioses”; el

nombre Cacao dado por Plumier y Tournefort fueron rechazados por Linneo como “bárbaros” por el Código Internacional de Nomenclatura Botánica, Linneo prevalece el nombre. El nuevo género *Theobroma* fue publicado casi al mismo tiempo en el *Gerena Plantarum* y en *Hortus Cliffortianus*; Linneo describió las flores como tener 5 estambres, 5 pétalos y 5 celdas en lugar de 4. Él incluyó en *Theobroma* dos especies: una con “follis integerrimis” Cacao, el otro con “follis serratis”, Guazuma.

De todas las especies de cacao sólo la *Theobroma cacao* L. se ha descrito taxonómicamente, presentando la mayor distribución geográfica (Rondón *et al.* 2005). Bernoulli (1869) presentó en las Nuevas memorias de la Sociedad Científica de Suiza, una investigación en el cual describe la primer clasificación natural de *Thebroma* para 18 especies separadas en 5 secciones: *Cacao*, *Glossopetalum*, *Oreanthes*, *Rhytidocarpus* y *Telmatocarpus*. Considerando los caracteres básicos como: la forma del pétalo, posición y forma de los estaminodios, numero de anteras.

Para entonces en el año 1886 Karl Schuman en el libro *Flora de Brasil* publicado en Latín “*Flora Brasiliensis*” (Martius *et al.* 1886); manifiesta ciertas descripciones detalladas para 12 especies de *Theobroma*, tomando en cuenta los mismos caracteres utilizados por Bernoulli en 1869, clasificándola en las secciones *Herrania* y *Euthobroma*. Tomando como base principal el primer estudio realizado por Bernoulli. En el año de 1946 Chevalier expone en la revista internacional *Botánica Aplicada (Botanique Appliqueé)* una revisión del género *Theobroma*, realizando una reorganización de 13 especies ubicándolas en las secciones: *Cacao*, *Oreanthes*, *Rhytidocarpus* y *Telmatocarpus*.

Cuatrecasas (1964) en un estudio más exhaustivo y utilizando el mismo método que Bernoulli, pero más detallado debido que tomó en cuenta el tipo de germinación (Hipogea y epigea), la forma y pubescencia de las hojas, el tipo del polen y fruto, llevándolo a nombrar 22 especies que fueron validadas y publicadas en el *Herbario Nacional de Estados Unidos* vol. 35, ubicándolas en 6 secciones: *Andropetalum*, *Glossopetalum*, *Oreanthes*, *Telmatocarpus*, *Theobroma* y *Rythidocarpus*.

## Clasificación científica del cacao

La clasificación científica del cacao ha llegado a generar sinnúmeros de investigaciones y desacuerdos. Durante el siglo XX las variedades *Theobroma cacao* se han clasificado en: Criollo, forastero y trinitario, todos basados a sus descripciones morfológicas y al origen geográfico. (Engels 1981)

En general, la taxonomía de *Theobroma cacao* L. es la siguiente (Bhattacharjee 2018):

Reino: Plantae (plantas)

Infrareino: Streptophyta (plantas terrestres)

Subreino: Tracheobionta (plantas vasculares)

Subreino: Viridiplantae

Superdivisión: Embryophyta

Superdivisión: Spermatophyta (plantas de semilla)

División: Tracheophyta (plantas vasculares, traqueofitos)

División: Magnoliophyta (plantas en flor)

Subdivisión: Spermatophyta (espermatofitos, semillas de plantas, fanerógamas)

Clase: Equisetopsida

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)

Subclase: Dilleniidae

Subclase: Magnoliidae

Superorden: Rosanae

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae (antes Sterculiaceae)

Género: *Theobroma*

Otras especies de la familia Theobroma

*Theobroma grandiflorum*

*Theobroma bicolor*

#### **2.4.2. IMPORTANCIA HÍDRICA EN EL CULTIVO DE CACAO**

Los cultivos de *Theobroma cacao* son considerados como hidroperiódicos, y las precipitaciones son el factor ambiental de mayor importancia e influyente para la producción de este cultivo en condiciones de campo, siendo los periodos de lluvia el factor ambiental principal que induce los brotes vegetativos y estimula las floraciones. Sin embargo, los extensos periodos secos afectan los procesos fisiológicos del cacao. (García y Moreno 2016)

#### **Necesidades hídricas del cacao**

El agua es el elemento vital de todo ser viviente, posee propiedades únicas que ayuda al desarrollo de los sistemas ecológicos, además que facilita y garantiza la dignidad y salud humana. Es de gran importancia privilegiar el conocimiento del vínculo existente entre el uso del agua y los ecosistemas que la abastecen, constituyendo un especial requisito para lograr alcanzar y preservar el desarrollo sostenible. (Fernández Cirelli 2012)

Las actividades agrícolas son las que mayormente demandan este recurso hídrico, dependiendo de cada necesidad o requerimiento de cada cultivo. El uso eficiente de este líquido para el sector agrícola requiere de una perspicacia idónea de los requerimientos hídricos de los cultivos, es decir, la evapotranspiración del cultivo y necesidad del agua. (Rodríguez *et al.* 2017)

Las raíces del cacao no son homogéneas, generalmente son ramificadas y gruesas en la capa superior del suelo estrechándose hacia abajo. De manera que, los aprovechamientos de la humedad del suelo en las zonas profundas de las raíces estarán desiguales. La absorción del agua compensa las pérdidas existentes a causa de la evapotranspiración, en las épocas sin lluvias las plantas necesitan la absorción rápida del agua y así poder reponerse. (FAO 2008)

Las necesidades hídricas del cacao van del orden 1500 a 1500 mm, repartidos en todo el año para zonas cálidas; y de 1200 a 1500 en zonas húmedas. La cantidad mensual de agua es de 100 mm en los

meses más secos, factor a considerar en huertas bajo riego. En cultivos tecnificados, se puede aumentar la producción hasta 40 qq de cacao seco por hectárea en huertas tradicionales. (Anecacao 2015)

La cantidad de agua necesaria para los cultivos de cacao depende de su desarrollo, el tipo de suelo en donde se ubica el cultivo, la duración de la temporada seca de la región, el viento, la humedad del medio ambiente y la cantidad de las precipitaciones en las épocas de lluvia. Gran parte del éxito en la producción depende también del diseño del sistema de riego aplicado en los cultivares de cacao; la ubicación de los aspersores, potencia de la bomba, los métodos de riego que se utilizan dependerán del tamaño de la huerta de cacao. (Arvelo *et al.* 2017)

### **2.4.3. DEFINICIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO**

Holzapfel *et al.* (2009) atribuyen la siguiente definición, “Los sistemas de riego son una tecnología aplicada muy relevante para obtener soluciones a la demanda creciente de alimentos, y el desarrollo, sustentabilidad y productividad del sector agrícola, logrando el éxito en la producción de cultivos y frutales”.

El objetivo principal del sistema de riego es la de satisfacer toda necesidad hídrica que requiera un cultivo en el momento adecuado y la cantidad de agua que necesite (Ángeles 2000), sin olvidar siempre todo requerimiento del riego, representado siempre las necesidades hídricas que requieren los cultivos, y así garantizar el adecuado desarrollo vegetativo. (Espinosa *et al.* 2016)

“Un sistema de riego se denomina al conjunto de elementos físicos que hacen posible que un área determinada pueda ser cultivada con la aplicación de agua necesaria para las plantas” (Laverde 2016)

### **Clasificación de los sistemas de riego**

Existen tres tipos de riego que atienden al principio de funcionamiento, y son: Riego superficial, riego por aspersión y riego localizado.

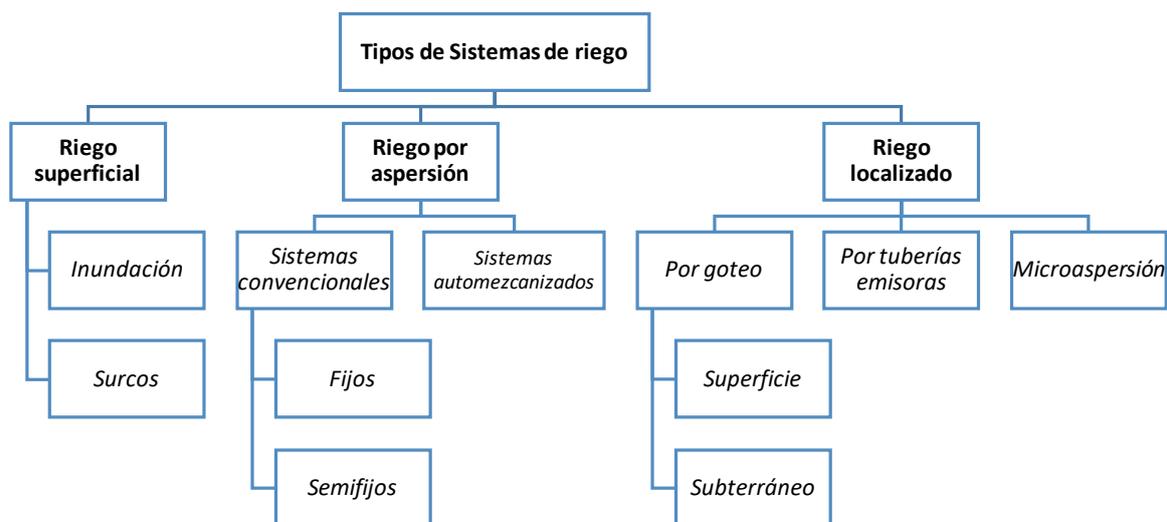


Figura 1. Clasificación de Sistemas de riego

Fuente: Escobar y Farfán (2018)

### Riego Superficial

El riego superficial, esta técnica incluye gran variedad de métodos de riego que poseen una característica común: el agua es aplicada en la superficie del suelo, es distribuido en el campo por gravedad; de manera que toda el agua distribuido por el riego artificial se disminuye en el campo a razón de la filtración. El principal objetivo de este método de regadío es la de suministrar a todo el cultivo del agua adicional a la precipitación para el crecimiento óptimo del cultivo y cubrir las necesidades del lavado de sales, y de esta manera evitar la acumulación en el perfil de los suelos, asegurando la sostenibilidad del sistema de riego. (Gonzalez y Playan 1994)

Fernández *et al.* (2010) mencionan ciertas ventajas e inconvenientes en el sistema de riego superficial, las que mencionan lo siguiente:

- Ventajas
  - Bajo costo de inversión, si no se precisa una explicación previa, y de mantenimiento de las instalaciones.

- No son afectados por condiciones climáticas como viento, humedad ambiental.
  - La calidad del agua no influye y es posible regar con aguas de baja calidad.
  - No requieren consumo de energía, al menos del agua que llega a parcela.
  - Por el movimiento del agua esencialmente vertical cuando se infiltra, son muy aptos para lavar sales.
- Inconvenientes
    - Suelen tener menor eficiencia en el uso del agua que los de otros métodos.
    - Dado que el suelo distribuye e infiltra el agua, la cantidad de agua infiltrada depende mucho de las características químicas del mismo.
    - No es adecuado para dar riegos ligeros.
    - Se moja toda o gran parte de la superficie del suelo.
    - Puede producir alteraciones en las características físicas del suelo.

### *Riego por aspersión*

El sistema de riego por aspersión es una técnica por el cual el agua se suministra a los cultivos en forma de lluvia más o menos intensa y uniforme, con el objetivo principal de infiltrar el agua en el mismo punto donde cae. Para que todo este proceso ocurra es necesario una red de distribución que permita que el agua llegue con presión suficiente a los elementos encargados de aplicar el agua (aspersores o difusores). (Alonso 2008)

Sánchez (2013) Menciona a continuación el objetivo principal del riego por aspersión:

“Entregar el agua a la zona de las raíces lo más uniforme posible, pero incluso brisas pueden desviar el agua, o pequeñas variaciones de presión pueden modificar el patrón de humedecimiento teórico, pero aún en ausencia de brisas y variaciones de presión el patrón de humedecimiento de un aspersor no llega a ser uniforme”.

En cuanto a las ventajas e inconvenientes al utilizar este método de riego Sánchez y Vinueza (2007) atribuyen lo siguiente:

- Ventajas
  - Se puede utilizar en cualquier tipo de suelo, sea este plano o inclinado
  - No requiere de canales, ni acequias para conducir y regar la parcela, lo cual quita espacio útil y disminuye la densidad de siembra y por ende la producción.
  - Es la manera más eficiente de utilizar bajos caudales y en genera su eficiencia es mayor que cualquier superficial de riego, pues está alrededor del 70 %.
  - Se puede prevenir la erosión del suelo, que no es el caso de los otros sistemas superficiales.
  - Es ideal para cultivos densos como pastizales, cebada, trigo, alfalfa, entre otros.
  - Es el mejor sistema para suelos arenosos o muy permeables.
  
- Inconvenientes
  - Requiere de costos extras para mejorar el filtrado del agua, cuando esta contiene sedimentos.
  - Elevado costo de establecimiento, aunque es menor cuando utilizamos la gravedad como fuerza de energía.
  - Aumentan los costos de producción por mayor consumo de fungicidas.

#### *Componentes del sistema de riego por aspersión*

El sistema de riego por aspersión consta generalmente de los siguientes componentes (Sánchez 2013):

- Reservorio: El tanque donde se almacena el agua necesaria para cubrir un periodo del riego.
- Unidad de bombeo: Normalmente es una bomba centrífuga, la cual convierte la energía eléctrica en energía de presión, para que el agua llegue a puntos altos, a los que normalmente no lo haría.

- Tubería principal: Es aquella que se conecta al sistema de distribución, pueden ser fijos o móviles, cuando son fijas generalmente se encuentran enterradas, suelen ser de plásticos o aluminio.
- Laterales: Son los que toman el agua desde la tubería principal y la entrega a los rociadores, son tuberías fijas de plásticos generalmente.
- Aspersores: Dispositivos mecánicos encargados de entregar el agua a las plantas, de la manera más uniforme posible, su posicionamiento se lo hace de acuerdo a sus características propias.

## **2.5. HIPÓTESIS**

¿Al implementar un adecuado sistema de riego por aspersion en cultivo de cacao mejoraría la producción?

## **2.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.6.1. MÉTODO DE ESTUDIO**

Las metodologías de estudio utilizada para realizar este trabajo de titulación se tomaron por Exploración, además de utilizar la investigación descriptiva y bibliográfica.

### III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. DESARROLLO DEL CASO

Para desarrollar de buena manera esta investigación se emplearon las siguientes actividades con la finalidad de describir el sistema de riego en la finca cacaotera Botón de Oro:

1. Para comprobar el normal funcionamiento del sistema de riego por aspersión, se consideró realizar una previa revisión de las unidades de riego.
2. Se comprendió a seleccionar el sector que presenta un riego crítico o dificultad en mantener un riego uniforme.
3. Se determinó el caudal de salida de cada unidad de riego.
4. Se realizó una estimación de los Coeficientes de Uniformidad (CU), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$CU_Q = 100 * \frac{Q_{25\%}}{Q} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

$Q_{25\%}$  = Media del 25 % de valores bajos de los volúmenes en los datos recogidos (litros/hora)

Q = Media de los coeficientes de uniformidad mediante el criterio de Merriam y Keller (1978) (Tabla 1)

Tabla 1. Clasificación de los coeficientes de uniformidad por Merriam y Keller, 1978

Coeficiente de Uniformidad (%)	Tipo de Uniformidad
90 – 100	Excelente
80 – 90	Buena
70 – 80	Aceptable
<70	Inaceptable

**Fuente:** Tomado de Evaluación del sistema de riego agrícola: Una guía para la gestión por Merriam y Keller (1978)

5. En el sistema de riego aplicado en el cultivo de cacao, se identificó el primer lateral, el ubicado a 1/3 de la distancia desde el inicio, el lateral localizado a 2/3 de la distancia del inicio y el último lateral (Pachón *et al.* 2014).

### 3.2. SITUACIONES DETECTADAS

La descripción del sistema de riego se lo ejecutó en un cultivo establecido de cacao ubicada en la parroquia La Unión del cantón Babahoyo, en las coordenadas UTM 678355,1; 9810642,1 del Datum WGS-84. La superficie cultivada corresponde a 3 hectáreas, en su totalidad se encuentra sembrada la variedad CCN-51. Con un respectivo marco de siembra de 3x3, con el cual se considera una densidad de 1 111 plantas por hectárea. El sistema de riego aplicado en la plantación corresponde a un diseño de micro aspersion, presentando la siguiente descripción:

*Tabla 2. Parámetros del sistema de riego por micro aspersion de la finca cacaotera Botón de Oro ubicada en la Parroquia La Unión, 2019*

<i>Parámetros</i>	<i>Características</i>
Origen del agua	Pozo profundo de 36 metros
Tubería de succión	Ø 150 mm
Bomba de presión	Potencia 30 kW
Motor a combustión	Potencia 44 kW
Tubería de impulsión	Ø 150 mm
Tubería primaria	Ø 150 mm – Ø 100 mm
Tubería secundaria	Ø 60 mm
Tubería para aspersores	Ø 25 mm
Total de aspersores	207
Distancia entre aspersor	Entre aspersor 12 m y entre lateral 14 m
Consumo combustible	2,5 litros de diésel por hora

**Fuente:** Elaborado por Velasco, O. 2019 (Autor)

El programa de riego se determina en dosis e intervalos fijos de acuerdo a la temporada climática, al disminuir las precipitaciones en el sector; lo que corresponde en los meses de mayo hasta diciembre, aplicándose láminas de agua de 4 mm diarios.

De acuerdo a Gispert (2005) en los sistemas de riego por micro aspersión el agua es aplicada sobre una capa limitada de terreno, desplazándose gracias a la lluvia artificial que crea este método; tomando estos tres factores: Propiedades físicas del suelo, el volumen del agua aplicado y el caudal del emisor.

El terreno del cultivo presenta una textura Franco-arenoso, de acuerdo Alocén (2007) esta textura de suelo mantiene las propiedades que se muestra en la Tabla 3.

*Tabla 3. Propiedades físicas del suelo Franco-arenoso*

<i>Textura del suelo</i>	<i>Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>Capacidad de campo (% g)</i>	<i>Punto de marchitez permanente (% g)</i>	<i>Infiltración básica (mm/h)</i>
Franco – arenoso	1,50	14	6	25

**Fuente:** Adaptado de Alocén (2007) quien citó a Mihajlovich (1979)

Con los datos obtenidos de los aforos desarrollados en los aspersores seleccionados se registra en la Tabla 4.

*Tabla 4. Datos de Q mm/min de las unidades de riego en el sistema de micro aspersión en la Finca cacaotera Botón de Oro de la parroquia La Unión*

Emisor	Emisor 1	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Último Emisor
	Q mm/min			
Lateral	440	435	410	425
Lateral a 1/3	435	435	440	400
Lateral a 2/3	420	420	430	435
Último Lateral	430	420	410	420

**Fuente:** Elaborado por Velasco, O. 2019 (Autor)

Al ejecutar los datos que se realizaron al aplicar el proceso en el campo, y calculando el Coeficiente de Uniformidad (Ecuación 1), el sistema de riego por micro aspersión del cultivo de la finca Botón de Oro presentó un Coeficiente de Uniformidad de 96,47 %, de acuerdo a la clasificación de los coeficientes de uniformidad registrado por Merriam y Keller (1978) el sistema de riego presenta un

tipo de uniformidad Excelente, por lo que se encuentra en el rango de 90 a 100 % (Tabla 1).

### **3.3. SOLUCIONES PLANTEADAS**

Como posible solución se recomienda lo siguiente:

- Realizar un respectivo mantenimiento al sistema de riego de la finca debido que al poseer un 96,47 % de Uniformidad en el riego, no indica que se encuentre en óptimas condiciones, el 4 % restante corresponde a una obstrucción que debe haber en la tubería de los aspersores (red secundaria), para solucionar ese problema se debe instalar filtros para evitar el ingreso de sólidos (arena) en ella.

## IV. CONCLUSIONES

Una vez realizada la metodología para obtener los resultados pertinentes de la investigación se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- En el cultivo de cacao de la finca Botón de Oro, el suelo que presenta está acorde a la textura o características idóneas para el requerimiento de la planta. El uso del riego presente en la finca es correcto de acuerdo a su programa, a presentar una infiltración de 25 mm/h los 4 mm de lámina de agua al día en los meses secos (mayo – diciembre), abastecen con los requerimientos hídricos del cultivo.
- El sistema de riego presenta un Coeficiente de Uniformidad (CU) de 96,47 % ubicándose en el rango de Excelente, de acuerdo a la evaluación de riego agrícola aplicado por Merriam y Keller.
- Que el sistema de riego presente una evaluación de excelente en el rango de 90 a 100 %, con un 96,47 % no quiere decir que se encuentre en buenas condiciones, pues el 4 % faltante indica que la lámina de agua aplicada al cultivo de cacao de la finca Botón de Oro no este humedeciendo apropiadamente la plantación, por tanto, no debe estar siendo regada apropiadamente en los temporales secos.
- La instalación de un sistema de riego que cuente con los requisitos adecuados para disponer de agua a la plantación es rentable para el miso

## V. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación para optar el título de Ingeniero Agrónomo se sugiere las siguientes recomendaciones:

- Llevar un registro climatológico sobre los meses de mayor precipitación y temporadas secas como mínimo de tres años y así determinar las necesidades del riego para el cultivo de cacao.
- Utilizar un manómetro para establecer las necesidades de presión aplicado en el sistema de riego y así evitar la falta de uniformidad del riego en el cultivo ocasionado e impedir baja presión en los aspersores.
- Instalar en el sistema de riego de la finca Botón de Oro filtros que evitarán el paso de las partículas que obstruirían el paso del agua con la presión necesaria.
- Desarrollar un constante mantenimiento del sistema de riego de la finca revisando las falencias de los aspersores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alocén, J. 2007. Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego (en línea). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) :218. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-at787s.pdf>.
- Alonso, D. 2008. El riego por aspersión (en línea). INEA, Escuela Universitaria de Ingeniería :1-5. Disponible en [http://lan.inea.org:8010/web/materiales/web/riego/anuncios/trabajos/El\\_riego\\_por\\_aspersión.pdf](http://lan.inea.org:8010/web/materiales/web/riego/anuncios/trabajos/El_riego_por_aspersión.pdf).
- Anecacao. 2015. Riego y drenaje. Anecaco artículos técnicos .
- Ángeles, V. 2000. Diseño agronómico de sistemas de riego presurizado - aspersión, microaspersión y goteo. México, Universidad Autónoma Chapingo México.
- Arvelo, M; González, D; Maroto, S; Delgado, T; Montoya, P. 2017. Manual Técnico del Cultivo de Cacao Buenas Prácticas para América Latina (en línea). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, I (ed.). Costa Rica, s.e. 165 p. Disponible en [https://agroavances.com/img/publicacion\\_documentos/BVE17089191e\\_1.pdf](https://agroavances.com/img/publicacion_documentos/BVE17089191e_1.pdf).
- Bernoulli, G. 1869. Über der bis jetzt bekannten Arten von Theobroma. Neue Denkschriften der allgemeinem Schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaftler. (October):1-15.
- Bhattacharjee, R. 2018. Achieving sustainable cultivation of cocoa Edited by Professor Pathmanathan Umaharan. (August):17. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.19103/AS.2017.0021.01>.

- Chevalier, A. 1946. Révision du genre *Theobroma*, d'après l'Herbier du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris (2 planches). s.l., s.e., vol.26. p. 265-285 DOI: <https://doi.org/10.3406/jatba.1946.1918>.
- Clough, Y; Dwi Putra, D; Pitopang, R; Tschardtke, T. 2009. Local and landscape factors determine functional bird diversity in Indonesian cacao agroforestry (en línea). *Biological Conservation* 142(5):1032-1041. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.12.027>.
- Crozier, SJ; Preston, AG; Hurst, JW; Payne, MJ; Mann, J; Hainly, L; Miller, DL. 2011. Cacao seeds are a «Super Fruit»: A comparative analysis of various fruit powders and products (en línea). *Chemistry Central Journal* 5(1):5. DOI: <https://doi.org/10.1186/1752-153X-5-5>.
- Cuatrecasas, J. 1964. Cacao and its allies: A taxonomic revision of the genus *Theobroma*. *Contributions from the United States National Herbarium* 35(6):379-614.
- Engels, JMM. 1981. Genetic Resources of Cacao: a catalogue of the CATIE collection (en línea). s.l., s.e. p. 196. Disponible en [http://books.google.co.id/books?id=UvsOAQAIAAJ&pg=PA34&lpg=PA34&dq=resources+of+cocoa.+International+board+for+plant+resources,+rom e&source=bl&ots=bd87tRDkoU&sig=qWkyfH2hhrEDf4uB1trhtaQOjCg&hl=id&sa=X&ei=lju6UoGNN5GurAeGqoDoDg&redir\\_esc=y#v=onepage&q=resources](http://books.google.co.id/books?id=UvsOAQAIAAJ&pg=PA34&lpg=PA34&dq=resources+of+cocoa.+International+board+for+plant+resources,+rom e&source=bl&ots=bd87tRDkoU&sig=qWkyfH2hhrEDf4uB1trhtaQOjCg&hl=id&sa=X&ei=lju6UoGNN5GurAeGqoDoDg&redir_esc=y#v=onepage&q=resources).
- Escobar, C; Farfán, K. 2018. Diseño de un sistema de riego para la implementación de cultivos automatizados e el recinto Playa Seca del cantón El Triunfo (en línea). s.l., Universidad de Guayaquil. 94 p. DOI: <https://doi.org/10.1037/0022-3514.90.4.644>.
- Espinosa, E; Magdaleno, F; Hernández, A; Flores, C. 2016. Diseño de un sistema

de riego hidrante parcelario con los métodos por Turnos y Clement : análisis técnico y económico. Revista Terra Latina 34(4):431-440.

FAO. 2008. Situación de las mujeres rurales. Paraguay, s.e. p. 37.

Fernández Cirelli, A. 2012. El agua: un recurso esencial (en línea). Química Viva 11(3):147-170. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>.

Fernández, R; Milla, M; Avila, R; Berengena, J; Gavilan, P; Oyonarte, N. 2010. Riego por Superficie (en línea). Sevilla, España, Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgaciones, D.L. 1-92 p. DOI: <https://doi.org/SE-25952010>.

GAD Parroquial de La Unión. 2015. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Parroquial de La Unión (en línea). :31. Disponible en [http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/%23recycle/PDyOTs2014/1360027240001/PND/13022013\\_134234\\_PDOT](http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/%23recycle/PDyOTs2014/1360027240001/PND/13022013_134234_PDOT) CRUCITA%0A VF.pdf.

García, J; Moreno, L. 2016. Respuestas fisiológicas de Theobroma cacao L. En etapa de vivero a la disponibilidad de agua en el suelo. Acta Agronomica 65(1):44-50. DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v65n1.48161>.

Gispert, J. 2005. Definición del volumen de suelo húmedo (VSH) en microirrigación, mediante la resistividad eléctrica: aplicación al estudio del porcentaje de VSH en el comportamiento del manzano (*Malus Domestica* Borkh). Actas de las VII Jornadas sobre Investigación de la Zona no Saturada del Suelo - ZNS'05 VII:75-80.

Gonzalez, JM; Playan, E. 1994. Principios básicos del riego por superficie (en línea). Hoja Divulgativa: Ministerio De Agricultura Pesca Y Alimentacion

(10):32. Disponible en  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1994\\_10-11.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_10-11.pdf).

Holzapfel, EA; Pannunzio, A; Lorite, I; Silva de Oliveira, A; Farkas, I. 2009. Design and Management of Irrigation Systems. Chilean journal of agricultural research 69(December):17-25. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0718-58392009000500003>.

Laverde, J. 2016. Sistema automatizado de riego de ingeniería en sistemas e informática (en línea). s.l., Universidad Regional Autónoma de Los Andes. 104 p. Disponible en <http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/4642/1/TUQIS001-2016.pdf>.

López Medina, SE. 2017. Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) "cacao". *Arnaldoa* 24(2):609-618. DOI: <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24212>.

Martius, C; Schumann, K; Gürke, M. 1886. *Flora Brasiliensis*. Vol. 12,3. Brasil, Monachii, 1886-1892: Lat.

Merriam, J; Keller, J. 1978. Farm Irrigation System Evaluation: A Guide for Management Utah State University (en línea). Scientific Research An Academic Publisher. Disponible en [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjct55\)\)/reference/ReferenceSPapers.aspx?ReferenceID=1264540](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjct55))/reference/ReferenceSPapers.aspx?ReferenceID=1264540).

Osorio G., MA; Leiva R., EI; Ramírez P., R. 2017. Crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en diferentes tamaños de contenedor. *Revista de Ciencias Agrícolas* 34(2):73-82. DOI: <https://doi.org/10.22267/rcia.173402.73>.

- Pachón, R; Figueroa, O; Chavarro, J. 2014. Evaluación de sistemas de riego localizado en cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) como estrategia de aumento de la producción en el departamento del Huila. *Revista de Ingeniería y Región* 2 (11):45-55.
- Rodríguez, R; Cánepa, P; Burgos, M; Echeveste, G. 2017. Necesidades hídricas y programación de riego en los cultivos de maíz , soya y sorgo en la localidad de Salto , Uruguay. *Revista Acta Iguazu, Cascavel* 6(1):23-32.
- Rondón, B; Campos, C; Luis, J. 2005. Revisión taxonómica del género *Theobroma* (sterculiaceae) en Venezuela (en línea). *Revista Acta Botánica Venezolana* 28(1):113-133. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/862/86228107.pdf>.
- Sabando, L; Molina, R. 2013. Diseño e instalación de un sistema de riego por aspersión en el área de clones del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), en la ESPAM - MFL (en línea). s.l., Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Féliz López «ESPAM - MFL». 91 p. Disponible en [http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/28/1/Sabando Lucas Leonardo Alejandro-Molina Aquino Richard Robinson.pdf](http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/28/1/Sabando%20Lucas%20Leonardo%20Alejandro-Molina%20Aquino%20Richard%20Robinson.pdf).
- Sánchez, C. 2013. Diseño de alternativas técnicas en la transformación del riego superficial por inundación a riego tecnificado modular. Caso de análisis: Óvalo Tunga, Sistema de riego Mochahuachi. s.l., Escuela Politécnica Nacional. 250 p.
- Sánchez, E; Vinueza, C. 2007. Optimización del recurso hídrico mediante el cambio del método de riego en la comuna de Montas Alto, cantón Cayambe (en línea). s.l., Universidad Técnica del Norte. 190 p. Disponible en <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/132?mode=full>.
- Vera, J; Vallejo, C; Párraga, D; Morales, W; Macías, J; Ramos, R. 2014. Atributos

físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador (en línea). *Ciencia y Tecnología* 7(2):21-34. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.99>.

Waizel-haiat, S; Waizel-bucay, J; Magaña-serrano, JA; Campos-bedoya, P; Esteban-sosa, JES. 2012. Cacao y chocolate : seducción y terapéutica (en línea). *Rev. Anales Médicos ABC* 57(3):236-245. Disponible en <https://www.medigraphic.com/pdfs/abc/bc-2012/bc123k.pdf>.

# **ANEXO**

Tabla 5. Datos de Q mm/min de las unidades de riego en el sistema de micro aspersión en la finca cacaotera Botón de Oro de la parroquia La Unión

Emisor	Emisor 1	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Último Emisor
	Q mm/min			
Lateral	440	435	410	425
Lateral a 1/3	435	435	440	400
Lateral a 2/3	420	420	430	435
Último Lateral	430	420	410	420

Fuente: Elaborado por Velasco, O., 2019 (Autor)

Litro/hora

4,40

4,40

4,35

4,35

4,35

4,35

4,30

4,30

4,20

4,20

4,20

4,20

4,10

4,10

4,00

$\bar{x} = 4,25$

$\bar{x} = 4,10$

$$CU = \frac{Q_{25\%}}{Q} \times 100$$

$$CU = \frac{4,10}{4,25} \times 100$$

$$CU = 96,47 \%$$