

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



Evaluación del comportamiento de variables agronómicas del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L*) clon CCN51 utilizando dos sistemas de riego en la Hacienda Maquencal - Municipio de La Jagua de Ibirico - Cesar

José Luis Guarín León

CC:1003258673

Programa Ingeniería Agronómica

23 de junio de 2022

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



Trabajo de grado presentado bajo la modalidad de practica empresarial presentado como  
requisito para optar el título de ingeniero agrónomo

José Luis Guarín León

CC:1003258673

María Natalia Isabel González Mogollón, Ingeniera Agrícola

Programa Ingeniería Agronómica

23 de junio de 2022

**Agradecimientos.**

A Dios todo poderoso por todas las experiencias y formación personal vividas hasta el día de hoy, que me han llevado a adquirir grandes conocimientos y crecimiento personal.

A mi madre Greiden León Guerrero por ser mi apoyo incondicional en la realización de mis sueños.

Por su orientación y liderazgo en mi trabajo de grado, agradezco a mi tutora, ingeniera agrícola María Natalia González al estar apoyando en cada detalle de mi trabajo y aportar muy significativamente al desarrollo del mismo para que llegase a feliz término.

A todo el cuerpo de docentes que aportaron de la mejor manera para alcanzar mis sueños, a mi amada alma mater por recibirme y dejarme muchas enseñanzas de vida.

A mis hermanos Greisy, Wendy y Jaider Guarín por el apoyo incondicional en cada escalón de mi formación profesional. A los profesores e ingenieros agrónomos, por su aporte y colaboración en mi formación como ingeniero agrónomo.

## Tabla de Contenido.

Tabla de Contenido.....	4
Lista de figuras. ....	6
Lista de tablas. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Lista de anexos .....	8
1 capítulo .....	9
Resumen .....	9
Palabras claves:.....	9
Abstract.....	10
Keywords:.....	10
Introducción.....	11
1.1 Problema.....	13
1.1.1 Planteamiento de problema .....	13
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivo general. ....	15
1.2.2 Objetivos específicos. ....	15
Capítulo 2 .....	16
2.1 Marco teórico.....	16
2.1.1 Marco contextual. ....	16
2.1.2 Marco legal. ....	17
2.1.3 Antecedentes.....	19
2.1.4 Bases conceptuales. ....	21

2.1.4.5 Exigencias en clima y suelo.....	24
2.1.4.5.4 Viento. ....	25
2.1.4.8 Etapas fenológicas de crecimiento de las plantas de cacao ( <i>Teobroma sp.</i> ): codificación y descripción según la escala BBCH. ....	26
2.2 Plan nutricional utilizado en la hacienda maquencal. ....	29
2.3 Precipitaciones en la Hacienda Maquencal. ....	32
2.4 Recursos físicos y caracterización sistemas de fertirriego ..... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
2.2.1 Sistema de fertirriego por microaspersor.....	35
2.2.3 Mantenimiento de los sistemas de fertirriego.....	38
Capítulo 3 .....	43
3.1 Metodología.....	43
3.1.2 Sistemas de variables, método y herramientas de medición .....	44
3.1.2.2 Muestreo de brotes y cojinetes florales .....	45
3.1.3 Datos a Registrar y Formas de Evaluación.....	45
3.1.4 Análisis estadístico .....	46
3.1.5 Procesamiento de la información .....	46
Capítulo 4. ....	46
4.1 Resultados y discusión .....	46
4.1.2 Discusión de resultados. ....	51
Conclusiones.....	53
Recomendaciones .....	54
Referencia.....	55

Anexo .....	59
-------------	----

### **Lista de figuras.**

<b>Figura 1</b> Ubicación Lote Investigativo. Hacienda Maquencal .....	17
<b>Figura 2</b> microaspersor. hacienda maquencal.....	36
<b>Figura 3</b> manómetro de presión en campo.....	38
<b>Figura 4</b> electrobomba 25 hp. ....	38
<b>Figura 5</b> Retrolavado automático. ....	39
<b>Figura 6</b> filtro de malla 4" .....	39
<b>Figura 7</b> flujómetro medidor de caudal. ....	40
<b>Figura 8</b> automatizado de las válvulas de campo .....	40
<b>Figura 9</b> tablero eléctrico 440 volteos. ....	41
<b>Figura 10</b> bomba de inyección fertirriego .....	41
<b>Figura 11</b> venturi .....	42
<b>Figura 12</b> Determinación de los bloques estudiados con sus tratamientos.....	44

**Lista de graficas.**

<b>Grafica 1</b> .....	33
<b>Grafica 3</b> .....	34
<b>Grafica 3</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Grafica 4</b> .....	35
<b>Grafica 5</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Grafica 5</b> .....	50
<b>Grafica 6</b> .....	51

## Lista de anexos

<b>Anexo 1</b> .....	59
<b>Anexo 2</b> .....	59
<b>Anexo 3</b> .....	60
<b>Anexo 4</b> .....	60
<b>Anexo 5</b> .....	60



## 1 capítulo

### Resumen

El propósito de este estudio fue evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de *T. cacao* L. A libre exposición plantado en dos sistemas de fertirriego (goteo y microaspersión) que serán evaluados en dos estadios fenológicos según la escala BBCH (etapa 1, 6), con la finalidad de medir la respuesta agronómica en cuanto el desarrollo del área foliar para la etapa 1 y porcentaje de floración en la etapa 6.

Este estudio está conformado por dos tratamientos, T1 (tratamiento 1 riego por microaspersión), y T2 (tratamiento 2 riego por goteo), cada tratamiento está constituido por 13 árboles, en total suman 26 árboles que posteriormente se escogieron como unidad experimental (un árbol), a cada unidad experimental se le tomaron cinco cojinetes florales y cinco brotes vegetativos como muestras, que a lo largo del estudio se les realizó un seguimiento, donde se midieron las variables agronómicas como área foliar para la etapa vegetativa y el porcentaje de floración para la etapa reproductiva.

Con el fin de contrastar los rendimientos agronómicos de cada tratamiento, con respuesta a los sistemas de irrigación y de esta manera poder obtener la respuesta de cual riego es más adecuado para las condiciones ambientales que se presenta en la hacienda Maquencial, ubicada en el municipio de la Jagua de Ibirico en el departamento de Cesar.

**Palabras claves:** Área foliar, riego por goteo, riego por microaspersión, cojinete floral y brotes vegetativos.

### Abstract

The purpose of this study was to evaluate the agronomic behavior of *Theobroma cacao* L. A free exposure crop planted in two fertigation systems (drip and micro-sprinkler) that will be evaluated in two phenological stages according to the BBCH scale (stage 1, 6), with the purpose of measuring the agronomic response in terms of the development of the leaf area for stage 1 and percentage of flowering in stage 6.

This study is made up of two treatments, T1 (treatment 1 micro-sprinkler irrigation), and T2 (treatment 2 drip irrigation), which in turn each treatment is made up of 13 trees that total 26 trees, later it was chosen as a unit One tree was experimentally tested, and five floral bearings and five vegetative shoots were taken as samples from each experimental unit, which were followed up throughout the study where agronomic variables were measured, such as leaf area for the vegetative stage and the percentage of flowering for the reproductive stage.

In order to contrast the agronomic yields of each treatment, in response to the drip and micro-sprinkler irrigation system, and thus be able to obtain the response of which irrigation is more suitable for the environmental conditions that occur in the Maquencal farm, located in the municipality of Jagua de Ibirico in the department of Cesar.

**Keywords:** Leaf area, drip irrigation, microaspor irrigation, floral bearing and vegetative shoots.

## Introducción

La producción de cacao (*T. cacao* L) en Colombia para el año 2019 según (MADR 2020) alcanzó la cifra de 63,048 toneladas con un área total de siembra con 189,182 hectáreas, dejando así un balance positivo con un 4% en área y un 5% en producción más en comparación al 2018.

Según cifras del DANE, los principales compradores de la producción nacional fueron México, Estados Unidos, Ecuador, Países Bajos y Bélgica cada uno según (Procolombia 2021).

En busca de estrategias para mejorar la producción y calidad del grano con estándares de calidad para exportación, La Hacienda Maquencal dentro de sus políticas de sostenibilidad tiene como pilar garantizar el cuidado del medio ambiente, el uso eficiente y adecuado del agua y suelo, utilizando medidas como los sistemas de fertirrigación en la plantación de cacao CCN-51 permitiendo aplicar de manera racional y eficiente el agua y los fertilizantes en cada etapa fenológica del cultivo, buscado así obtener una buena adsorción y/o aprovechamiento de nutrientes en las planta disminuyendo la perdidas en las aplicaciones. El presente trabajo contiene la evaluación del desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas de cacao llevado a cabo semanalmente antes, durante y después de aplicación de fertilizantes por los sistemas de goteo y microaspersión. La evaluación permite relacionar el requerimiento hídrico del cultivo con el desarrollo vegetativo y reproductivo utilizado en cada sistema de riego. Los sistemas de fertirriego están compuestos por tuberías principales secundarias y mangueras laterales que alimentan los micro aspersores y micro goteros, el uso del riego se lleva a cabo después de analizar de manera directa la capacidad hídrica que el suelo posee haciendo un

muestreo con observación directa a las características que presente el suelo a lo correspondiente al grado de humedad o capacidad de campo.

## 1.1 Problema

### 1.1.1 Planteamiento de problema

¿Cuál es el comportamiento de las variables agronómicas del cultivo de cacao *Theobroma cacao*, clon CCN51 en respuesta a la utilización de dos sistemas de riego, microaspersión y goteo empleados en la hacienda Maquencal?

El área de potencialidad de Colombia es el 17% del área continental, equivalente a cerca de 19 millones de hectáreas, que tiene algún grado de aptitud para la producción comercial de cacao (Procolombia 2021).

Se han venido ampliando a través de los años la siembra, en el año 2021 se llegó a 193.953 ha y 65.174 ton, crecimiento del 13% y la producción se ha incrementado en un 15% según lo divulgado por (MADR 2021), el departamento del Cesar posee un área de 2.256.550 hectáreas, en participación del sector económico. El departamento del Cesar cuenta con 403.121 ha aptas para este cultivo, donde a nivel nacional, representando en promedio el 3,47% de la producción nacional, pero el sector minero representa el 42,8 % de la economía, y el sector agropecuario 8 % según lo proporcionado por (PDEA 2020).

Según el secretario de Ambiente Andrés Felipe Meza, el Departamento cuenta problemas en el desarrollo de algunas actividades productivas, el cual su principal uso del suelo es la explotación minera de carbón, especialmente en los municipios de Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico y El Paso, generando impactos ambientales y sociales incalculables y complicados de remediar. Conjuntamente, las explotaciones agrícolas y pecuarias mal manejadas con exposición directa a los agentes climáticos, la falta de

planificación de los métodos de aprovechamiento del suelo al no tenerse en cuenta los demás elementos naturales (topografía, patrones de drenaje superficial, entre otros) han generado pérdidas del suelo en los horizontes superficiales y debilitado la estructura del suelo productivo. Además, se han venido presentando disminución de agua y se clasifica como competencia entre las comunidades.

Partiendo de la problemática ambiental, el uso del suelo con vocación minera y la disminución del recurso hídrico la Hacienda Maquencal busca medidas para el uso adecuado del suelo y del recurso hídrico, implementando los requisitos de certificación agrícola de Rainforest Alliance como norma de agricultura sostenible y fomento del uso racional de los recursos naturales. La importancia de evaluar el comportamiento agronómico de cada planta de cacao en cada fase fisiológica (f. vegetativa y f. reproductiva), con respecto a el uso del agua que se aplica en cada ciclo de riego, ya que la falta de agua es uno de los problemas de mayor importancia en el cultivo, en razón de que la planta necesita una adecuada distribución de agua que le permite cumplir con su proceso metabólico, que de no tenerla es una limitante para el rendimiento de variables agronómicas y contribuirá a el interés ecológico de la hacienda Maquencal.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general.

- Evaluar el comportamiento de variables agronómicas del cultivo de cacao (*T. cacao* L) clon CCN51 utilizando dos sistemas de riego, microaspersión y goteo en la Hacienda Maquencal, Municipio de La Jagua de Ibirico Cesar.

### 1.2.2 Objetivos específicos.

- Determinar la relación de los sistemas de riego, microaspersión y goteo con respecto al comportamiento vegetativo (*T. cacao*) Clon CCN51 a libre exposición.
- Contrastar el rendimiento agronómico del cultivo de cacao (*T. cacao*) clon CCN51 a libre exposición con sistemas de riego por goteo y microaspersión, teniendo en cuenta la etapa reproductiva.

## **Capítulo 2**

### **2.1 Marco teórico.**

#### **2.1.1 Marco contextual.**

##### **2.1.1.1 Ubicación del Municipio**

El Municipio de la Jagua de Ibirico está ubicado al Nor-Este colombiano, y del departamento del Cesar con coordenadas  $9^{\circ}33'40''N$  y  $73^{\circ}20'11''W$  se encuentra a una altura de 150 m.s.n.m. Está constituido por los corregimientos la Victoria de San Isidro, Boquerón y La Palmita. La actividad económica principal del municipio es el carbón siendo uno de los corredores mineros más grandes del país; además se desarrollan actividades como la ganadería de ceba, cultivos de palma y cacao. (Alcaldía, 2019).

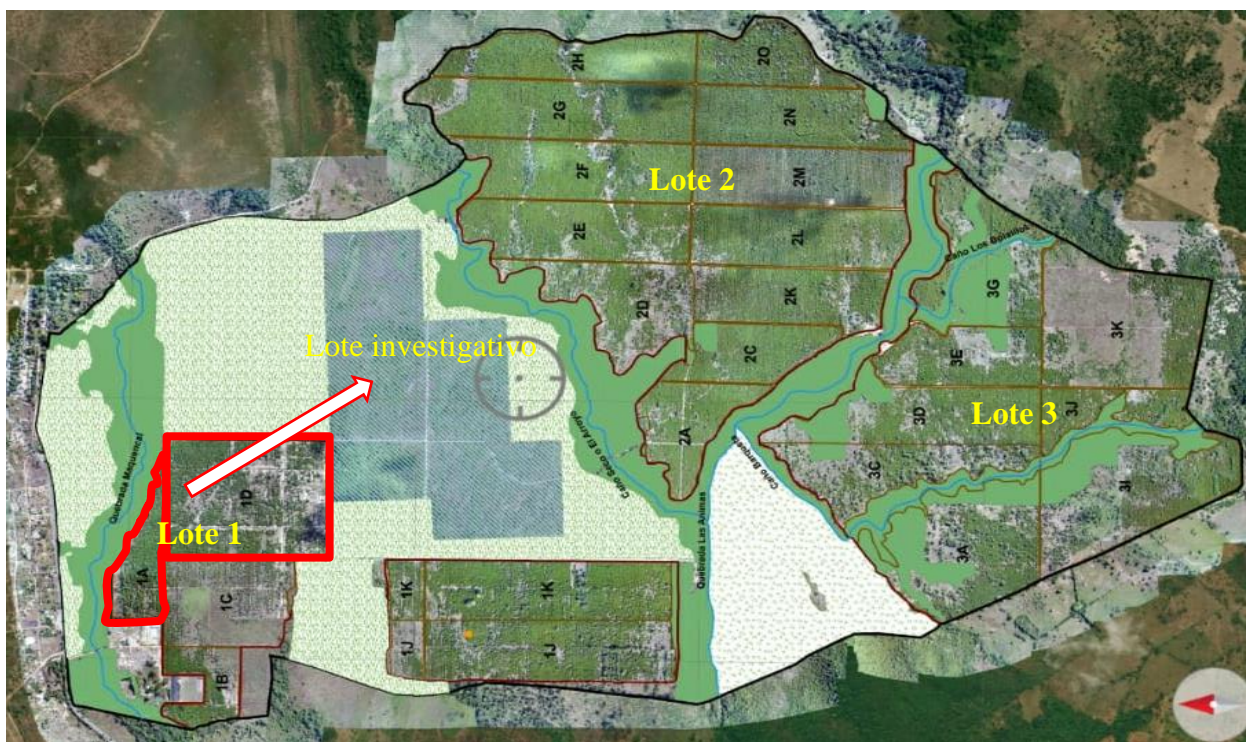
##### **2.1.1.2 Ubicación corregimiento Las Palmitas.**

El corregimiento de La Palmita está ubicado, en la vía que conduce Aguachica con el Casco urbano del Municipio de La Jagua de Ibirico- Cesar; dos kilómetros de regreso doblando a la izquierda se encuentra La hacienda Maquencal propiedad de la Empresa COL AGROFORESTAL LA JAGUA ZOMAC S.A.S y sede de 123 TREE con coordenadas  $09^{\circ}29'40,3''N$  y  $73^{\circ}25'19,1''W$  a una altura de 73 msnm cuenta con una extensión divididas en 3 lotes (lote 1: 117 ha, lote 2: 203 Ha y lote 3: 117 ha) de los cuales se tomó lote 1 con un área de 53 ha para la realización de este trabajo investigativo.



**Figura 1**

*Ubicación Lote Investigativo. Hacienda Maquencal.*



Fuente. Ortofotografía Bosques Maquencal Completo. (2018).

### 2.1.2 Marco legal.

#### 2.1.2.1 Reglamento estudiantil de la Universidad de Pamplona, Acuerdo No. 186 de diciembre del 2005.

Por el cual recopila y actualiza el Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado.

**Artículo 35. Definición de trabajo de grado.** En el Plan de Estudios de los programas, la Universidad establece como requisito para la obtención del título profesional, la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “TRABAJO DE GRADO”, por medio del cual se consolida en el estudiante su formación integral, que le

permite: a. Diagnosticar problemas y necesidades, utilizando los conocimientos. Lote investigativo adquiridos en la Universidad. b. Acopiar y analizar la información para plantear soluciones a problemas y necesidades específicas. c. Desarrollar planes y ejecutar proyectos, que le permitan demostrar su capacidad en la toma de decisiones. d. Formular y evaluar proyectos. e. Aplicar el Método Científico a todos los procesos de estudio y decisión.

**2.1.2.2 Convenio de cooperación para el desarrollo de prácticas profesionales n° 0235 de 2020 suscrito entre la Universidad de Pamplona y col agroforestal La Jagua zomac s.a.s**

La universidad de Pamplona institución de educación superior, oficial sin ánimo de lucro y con personería jurídica obtenida mediante la resolución número 01 del 24 de enero de 1961 que adquiere el carácter de institución de educación superior oficial de orden departamental a través de los decretos 553 del 5 de agosto de 1970 y 80 del 7 de febrero de 1974 expedidos por la gobernación de Norte de Santander obtuvo reconocimiento institucional como universidad por el decreto no 1550 del 13 de agosto de 1971, con NIT 890.501.510-4 delegado para la suscripción del convenio mediante Resolución No 0279 del 3 de agosto del 2011 quien en el contrato de apertura de convenio se define como la institución educativa por una parte y por otra Jesica Arce Paloma con Identificación CC: 1019041917 Expedida en Bogotá D.C. y representante legal suplente de la empresa COL AGROFORESTAL LA JAGUA ZOMAC S.A.S empresa de carácter privada, con Domicilio en la Hacienda Maquencal del Municipio de la jagua de Ibirico Cesar, dedicado a la silvicultura y otras actividades forestales, identificada con NIT: 901.182.805-0; abren apertura de convenio para desarrollo de prácticas profesionales, con fecha de renovación por cinco años.

### **2.1.2.3 Recursos Humanos.**

El proyecto está bajo la dirección de la Ingeniera en Producción Agrícola Adriana Yasmin Conde Gelvez, egresada de La Universidad Francisco de Paula Santander de Cúcuta, con experiencia laboral de jefe de Unidad en FEDECACAO (Federación Nacional de Cacaoteros) actualmente Gerente de Plantación de la empresa COL AGROFORESTAL LA JAGUA ZOMAC S.A.S.

### **2.1.3 Antecedentes.**

Se han llevado a cabo estudios investigativos relacionados con la eficacia del riego en plantaciones de cacao con sistemas de riego por aspersión y goteo, pero existen pocos estudios relacionados con la evapotranspiración y el requerimiento hídrico en etapas fisiológicas vegetativa y reproducción. Fisiológicamente se ha determinado que la planta de cacao es susceptible a la disminución del agua, así como al exceso, lo cual puede causar un estrés hídrico en la planta dejando como resultados una disminución o aumento en la producción, por ello la importancia de la identificación del requerimiento hídrico.

#### **2.1.3.1 Antecedentes internacionales.**

En una investigación realizada por romero y Proaño, (2008) llamada “Evaluación del efecto del riego por goteo y microaspersión en la productividad del cacao (*Theobroma cacao*)-CCN 51 en la zona Chungón península de Santa Elena provincia del Guayas” determino que el tratamiento de riego por goteo al 80% obtiene mejores resultados 44 qq/ha/año, con menor cantidad de agua mientras que el riego por microaspersión el cual obtuvo 37 qq, menor rendimiento utilizando una mayor cantidad de agua.

En un trabajo realizado por Puyataxi y Gaibor en el año 2017 se llevó a cabo en el cultivo de cacao (*T. cacao*) CCN-51 en la época seca cantón Quintaleña -provincia de Los Ríos, en la cual la zona del área de estudio presento un clima tropical húmedo en el que las condiciones climáticas como temperatura media anual fue de 24.8 °C, precipitación promedio anual fue de 2252.5 mm, 84% de humedad relativa, heliofanía promedio anual de 894 horas. Los objetivos fueron; Determinar la evapotranspiración del cultivo como medio para la definición de la frecuencia de riego. Definir la cantidad de agua de riego que se ajuste a los requerimientos hídricos del cultivo terminada por la evapotranspiración y condiciones agroclimáticas.

#### **2.1.3.2 Antecedente Nacional.**

Pachón, Figueroa y Chavarro, (2014) llevaron a cabo una investigación denominada “Evaluación de sistemas de riego localizado en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) como estrategia de aumento de la producción en el departamento del Huila” en el cual demostraron que el sistema más eficiente en el uso del agua para el cultivo de cacao en tres municipios y según el Coeficiente de Uniformidad promedio, es el de riego por goteo con un CU = 97,31%, seguido del riego por microaspersión con un CU = 96,42% y por último y no muy distante el sistema de riego con micro manguera con un CU = 85,06%.

Diego, H. et al, (2019) y Luis, G. et al, (2019) realizaron una investigación llamada “Evaluación del riego y poda sobre la fenología y rendimiento de *Theobroma cacao* L.” en el departamento del Cauca, por medio del cual demostraron la eficiencia del riego focalizado (riego por goteo) en árboles de seis años los cuales fueron sometidos a dos capas de riego: L-

100 % y L-0 % y dos niveles de poda, dando como conclusión la importancia técnica y económica en cuanto a la producción y rendimientos alcanzados.

#### **2.1.4 Bases conceptuales.**

##### **2.1.4.1 Generalidades del cultivo de cacao.**

El cacao es una planta de la familia *Malváceas*, género *Theobroma*, es originario de Sudamérica, probablemente de las cuencas de la Amazonia y Orinoco, donde fue encontrada en condiciones naturales, bajo el dosel de grandes árboles del bosque nativo.

Durante décadas el origen del cacao fue tema de debate, leyendas y conjeturas con varias teorías discutiendo un posible origen mesoamericano, o la evolución paralela de este fruto en Mesoamérica y en Sudamérica. Durante la Colonia española se conocían dos variedades de cacao, a las que se denominó Criollo y Forastero. Esta clasificación surgió en México, donde se bautizó al cacao mexicano como Criollo, utilizando el término con que se calificaba a los hijos de españoles nacidos en América. Por ende, al llamar al cacao mexicano Criollo, el cacao que llegaba de la distante Sudamérica se denominó Forastero (Páes & Espinoza, 2015).

Durante mucho tiempo atrás el consumo del cacao era reservado a las clases altas. El primer fabricante de chocolate fue en PARIS en 1659. Desde allí entre los años 70 y 80 se abrieron más mercados en Francia y en otros países lo cual empezaron los premios de reconocimiento en calidad de la bebida. La primera pastilla de chocolate fue realizada en Inglaterra en 1674, en Holanda se creó el cacao en polvo, mientras que en Suiza se desarrolló el mercado de chocolate con leche y seguido de este el chocolate con avellanas. (Motamayor et al, 2002).

**Tabla 1**

*Descripción variedades de cacao (T. cacao L).*

Variedad	Característica
Forastero	Esta población es la más cultivada en las regiones cacaoteras de África y Brasil, y proporcionan más del 80 % de la producción mundial. Se encuentra en forma silvestre en países de sur América cerca de la línea ecuatorial, la cascara es de color púrpura, con alta astringencia y bajo contenido de grasa.
Criollo	Su superficie es rugosa y surcos profundos; posee entre 20 y 30 semillas de color blanco, alto contenido de grasa, sin astringencia y bastante aroma; adecuados en cosméticos.
Trinitario	Son el resultado del cruzamiento entre el forastero y el criollo, el cual genera combinación del sabor del cacao criollo con la rusticidad del Forastero, produciendo cacao de mucha demanda

Fuente. Martínez, (2007).

#### **2.1.4.2 Generalidades de Clon CCN-51.**

Este clon es originario del Ecuador con alta capacidad productiva. El clon CCN51 fue seleccionado y estudiado por Homero Castro después de cruzamientos de variedades trinitarias, el resultado de los clones ICS 95 y el IMC 67 cruzados en 1965 en la zona de Naranjal en la hacienda “Sofi”, Castro encontró CCN-51 como un clon de alta calidad y gran productividad resistente a las enfermedades. (Salomón, 2011).

#### **2.1.4.3 Clasificación taxonómica del cacao (*Theobroma cacao L.*)**

Botánicamente el cacao (*T. cacao L.*), según (López, 2011), pertenece al Reino: Plantae, Subreino: Tracheobionta, División: Magnoliophyta, Clase: Magnoliopsida, Subclase:

Dilleniidae, Orden: Malvales, Familia: Malváceas, Subfamilia: Byttnerioideae, Género: *Theobroma*, Especie: *cacao L.*

#### **2.1.4.4 Descripción morfológica.**

Según la FAO, (2010) las características morfológicas del cultivo de cacao son:

##### **2.1.4.4.1 Hoja.**

Coriáceas o cactáceas, alternas, de color verde, peciolo pubescente o tomentoso, pelos de difusión simples y densos, engrosados, láminas de 12 a 60 cm de largo, 4 a 20 cm de ancho elípticas a obovadas u oblongas.

##### **2.1.4.4.2 Flor.**

Es una flor cauliflor; es decir que la flor nace sobre el tallo del árbol, es pentámera con cinco pétalos y cinco sépalos, el cáliz es de color rosa con segmentos puntiagudos; la corola es de color blancuzco, amarillo o rosa. La polinización es entomófila destacando una mosquita del género *Forcipomya*. FAO, (2010).

##### **2.1.4.4.3 Fruto.**

Es una baya de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, lisos o acostillados, elípticos de color rojo, amarillo o Vinotinto, con pared gruesa, de consistencia fuerte. Se dividen interiormente en cinco celdas. Tiene una placenta donde van adheridos los granos de cacao y es de color blanco. El contenido de semillas por baya es de 20 a 40 y son planas o

redondeadas, de color blanco, café o morado, de sabor dulce o amargo, dependiente del clon. (FAO, 2010).

#### **2.1.4.5 Exigencias en clima y suelo.**

##### **2.1.4.5.1 Exigencias en clima.**

Los factores climáticos para el desarrollo del cacao son excelentes con poca humedad, de 400 a 900 m.s.n.m. Ramoz, (2014). La Hacienda Maquencal se encuentra a 70 m.s.n.m, y la producción de Cacao clon CCN 51 se desempeña en buenas condiciones, sin incidencia de enfermedades fungosas que afectan la producción.

##### **2.1.4.5.2 Temperatura.**

La temperatura óptima para el cacao es de 23 a 25°C, aceptando como temperatura mínima 21°C ya que es difícil cultivar cacao satisfactoriamente con una temperatura más baja. La importancia de la temperatura dentro de los rangos óptimos se ve reflejada determina la cantidad de formación de flores (Ramoz, 2014). En el caso de la Hacienda Maquencal en épocas secas donde la temperatura sube por encima de los 30° C y 40 °C días consecutivos se hace aplicación de un protector solar debido cacao a que la plantación no cuenta con sombrero.

##### **2.1.4.5.3 Precipitación.**

El requerimiento hídrico del es en promedio de 1500 a 2500 mm/ anual bien distribuidos. Un anegamiento puede provocar asfixia de las raíces y muerte. El nivel freático del suelo es de 1,2 m Ramos, (2014).



#### **2.1.4.5.4 Viento.**

Los vientos fuertes ocasionan desecamiento, muerte y caída de las hojas. Es indispensable tener en cuenta la ubicación de la plantación al momento de la siembra. En las zonas de costa es indispensable el uso de cortinas rompevientos (Ramos, 2014).

#### **2.1.4.5.5 Exigencias en suelo.**

El cacao requiere suelos profundos con textura óptima, franco arcilloso, buen drenaje y buena lámina de agua, donde es escasa la humedad las raíces secundarias y terciarias no se profundizan mayor a veinte centímetros. El suelo tiene un factor limitante y es que la capa húmica se degrada por la exposición solar directa, viento y lluvia directa. En general el cultivo de cacao tolera suelos como arcillas erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas, así mismo tolera un pH que oscilan entre 4,0 y 7,0 (Ramos, 2014).

#### **2.1.4.6 Necesidades Hídricas del Cacao**

El agua representa un 80 a 90% del peso en los tejidos activos de las plantas, constituyéndose no solamente en la materia prima de la fotosíntesis, sino que participa como elemento activo en sus transformaciones. En la fisiología de las plantas el agua es de mucha importancia en muchos aspectos ya que como principal disolvente universal disuelve todos los minerales contenidos en el suelo (Namicela, 2016). Desde el punto de vista de riego el agua disponible es aquella que se encuentra a disposición de la planta entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. Se debe evitar que el porcentaje de humedad en el suelo disminuya hasta el punto de marchitez, lo que traería como consecuencia una sensible disminución en los rendimientos, por lo que el riego debe efectuarse de acuerdo con el umbral

o limite productivo que estará en función de la época de desarrollo del cultivo, tipo de suelo, y de la tecnología de riego disponible.

#### **2.1.4.7 Estimación no destructiva del área foliar**

Se han desarrollado modelos de regresión, para calcular el área foliar, el muestreo no destructivo es una herramienta económica y útil para la investigación de la fisiología y el comportamiento agronómico de cultivos bajo diferentes condiciones de manejo, incluida la fertilización, la disponibilidad de agua y casos de condiciones contrastantes, como la rehabilitación de cultivos mediante la agroforestería. Por esta razón, los parámetros morfológicos de la hoja, como el largo y el ancho, se han utilizado frecuentemente al desarrollar estimadores de regresión de variables foliares con mayor exactitud según lo planteado por Suarez et al, 2018).

$$(AF= L + W + LL + WW)$$

Área foliar (**AF**) longitud de la hoja (**L**), el ancho de la hoja (**W**), la longitud de la hoja al cuadrado (**LL**), el ancho de la hoja al cuadrado (**WW**), Error cuadrático medio de predicción (PMSE) = 19.42 Y Coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) = 0,98

Modelo ajustado para estimar los valores esperados de área de hojas de cacao (*T. cacao* L.) en función de la largo y ancho de las hojas.

#### **2.1.4.8 Etapas fenológicas de crecimiento de las plantas de cacao (*Teobroma sp.*): codificación y descripción según la escala BBCH.**

Según lo planteado por (Niemenak., et al., 2009) la escala BBCH proporciona un código uniforme para describir la fenología de la planta de cacao desde la germinación hasta la

senescencia del árbol está escala describe el patrón de desarrollo independientemente de la variación en el tiempo los principios básicos de la escala integran características morfológicas que se utilizan para la descripción de las etapas fenológicas del desarrollo del cultivo para cada código se da una descripción, la escala se constituye con tres dígitos el primer dígito indica la etapa de crecimiento principal que va de (0-9) el segundo dígito corresponde a el mesostage de la flexibilidad para proporcionar una subdivisión adicional de las etapas y va de (0-9) y en el tercer dígito corresponde a la etapa de crecimiento secundario que va de (0-9).

Para este estudio se realizó el seguimiento de crecimiento principal el cual comprende el desarrollo de la hoja en el brote principal de la planta en la escala BBCH 110 el cual comprende el inicio del crecimiento del brote al 129 el cual se relaciona al segundo flujo de crecimiento del brote.

Para el estudio de la etapa de reproducción se tomó según la escala BBCH desde el numero 600 al 609 el cual representa más del 90% de la floración.

## Tabla 2

### *Escala BBCH estadios fenológicos de T. Cacao*

Etapa de crecimiento principal 1: desarrollo de la hoja en el brote principal de la planta.		
Dos dígitos	Tres dígitos	Descripción
11	110	Las estípulas que rodean la yema terminal en el brote principal o las ramas en abanico se separan y la yema se hincha. La hoja se despliega en la primera flor. Las hojas son de color verde pálido o rojo.
	111	La expansión de la hoja es el 10% del tamaño final.
	112	La expansión de la hoja es el 20% del tamaño final

---

	115	La expansión de la hoja es el 50% del tamaño final
	119	Crecimiento del primer lavado completo. Las hojas son de color verde oscuro con el área máxima.
12	120	La hoja se despliega en la segunda oleada. Las hojas son de color verde pálido a rojo.
	121	La expansión de las hojas es el 10% del tamaño final.
	122	La expansión de la hoja es el 20% del tamaño final.
	125	La expansión de la hoja es el 50% del tamaño final.
	129	Crecimiento del segundo flujo completo.

#### Crecimiento principal etapa código 5: inflorescencia

Dos dígitos	Tres dígitos	Descripción
58	508	Brote de flor expandido, brote que cambia de verde a blanco (brote de 2 a 4 mm de largo).
59	509	Crecimiento completo de las yemas florales (yemas de 6 mm de largo y 3 mm de grande; pedículo de 14 mm), yemas aún cerradas.

#### Crecimiento principal etapa código 6: floración

Dos dígitos	Tres dígitos	Descripción
60	600	Primeras flores que se abren.
61	601	Comienzo de la floración.
62	602	10% de las flores abiertas.
65	605	50% de las flores abiertas.
69	609	90% de las flores abiertas.

---

Fuete. Niemenak, et al., (2009).

## 2.2 Plan nutricional utilizado en la hacienda Maquencal.

La hacienda Maquencal en su plan de nutrición realiza análisis foliares y análisis de suelos después de una temporada de producción para determinar qué elementos quedaron disponibles y cuales se deben ajustar en la aplicación del fertirriego.

**Tabla 3**

*Interpretación análisis de suelos. Hacienda Maquencal.*

Base elemental		Base oxido		Requerimiento para producción en ton			
Elemento	kg/Ha	Base oxido y / 0	Elemento	K	1	2	3
N	470		NO3	0,22	103,4	206,8	310,2
P	54		P2O5	0,44	23,76	47,52	71,28
K	745		K2O	0,83	618,35	1236,7	1855,05
Ca	336		CaO	0,71	238,56	477,12	715,68
Mg	115		MgO	0,6	69	138	207
Mn	6,2		Mn	1,66	10,292	20,584	30,876
Zn	1,7		Zn		1,7	3,4	5,1
B	1,78		B		1,78	3,56	5,34
S	47		SO4	0,33	15,51	31,02	46,53

Fuente: Restrepo (2020).

Estos requerimientos se hacen con base al análisis de suelos y a la proyección de producción para el ciclo siguiente, determinando en qué momento y cantidad de nutriente se le debe proporcionar a la planta para su adecuado funcionamiento. La tabla muestra el análisis de elemental en Kg/Ha presente en el suelo y la cantidad oxidada, es decir como es tomada por la planta, relacionado con el requerimiento para producción en toneladas donde se tiene en cuenta la proyección de producción al ciclo siguiente y poderle proporcionar la cantidad de

toneladas de fertilizantes que necesita la plantación; relacionando la cantidad de plantas por lote y la fracción del fertilizante.

**Tabla 4**

*Requerimiento nutricional foliar cacao. Hacienda Maquencal.*

Requerimiento Nutricional Cacao		
Foliar		
Base Elemental		
Elemento	Unidad	Kg/Ha
N	%	1.9-2.3
P		0.15-0.18
K		1.7-3
Ca		0.9-1.2
Mg		0.4-0.7
S		0.17-0.2
Mn	μg g <sup>-1</sup>	150-200
Zn		50-70
B		30-40
Cu		10-155
Fe		150-200
Mo		0.5-1

Fuente. Restrepo (2020).



---

KCL (60 K2O)	200		120						
TOTAL	250	0	145	9	0	0	0	0	0

---

Fuente. Restrepo (2020).

En plan de nutrición se maneja teniendo en cuenta la relación Calcio 350: Boro 1 ppm y la acidez del suelo mediante aplicación de sulfatos. Como foliar se aplica el Boro Zinc cumpliendo una combinación de elementos menores resaltando el Boro como importante en la formación de la Mazorca. La fertilización por sistema de fertirriego se realiza con elementos mayores. Dentro de los elementos mayores no se hace aplicación de Nitrógeno porque según los análisis de disponibilidad de nutrientes y del análisis foliar hay una cantidad muy alta y se debe equilibrar, para evitar que la planta desarrolle más la etapa vegetativa que la productiva se realiza una la aplicación de K crea una conductividad de movilización de todos los elementos mayores y menores.

### **2.3 Precipitaciones en la Hacienda Maquencal.**

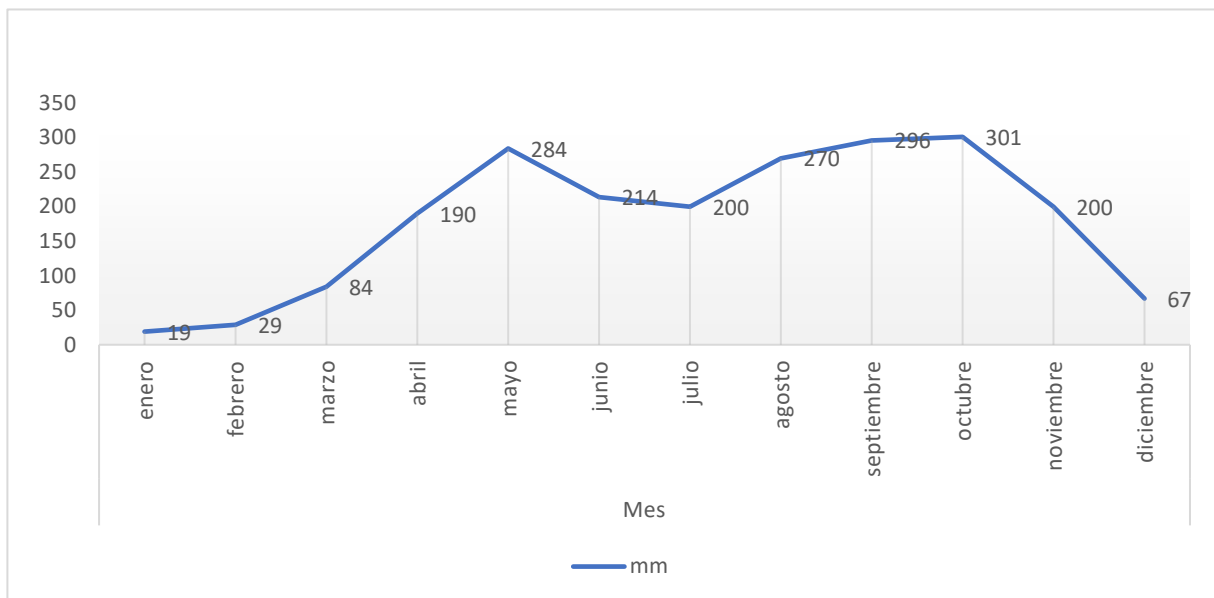
Para la inyección de los fertilizantes al suelo por medio del fertirriego se estipula de acuerdo a la capacidad hidráulica y la capacidad en campo presentada en el momento, teniendo en cuenta que una hora de aplicación suministra 2,35 mm, donde el tiempo requerido de precipitación para el cultivo de cacao es de 6 mm los cuales equivalen a 2 horas de riego con microaspersión y 1 hora riego por goteo derivándose de la capacidad de campo para el suministro de la cantidad de agua.

La aplicación del fertirriego se realizó a mediados de junio y julio.



**Grafica 1.**

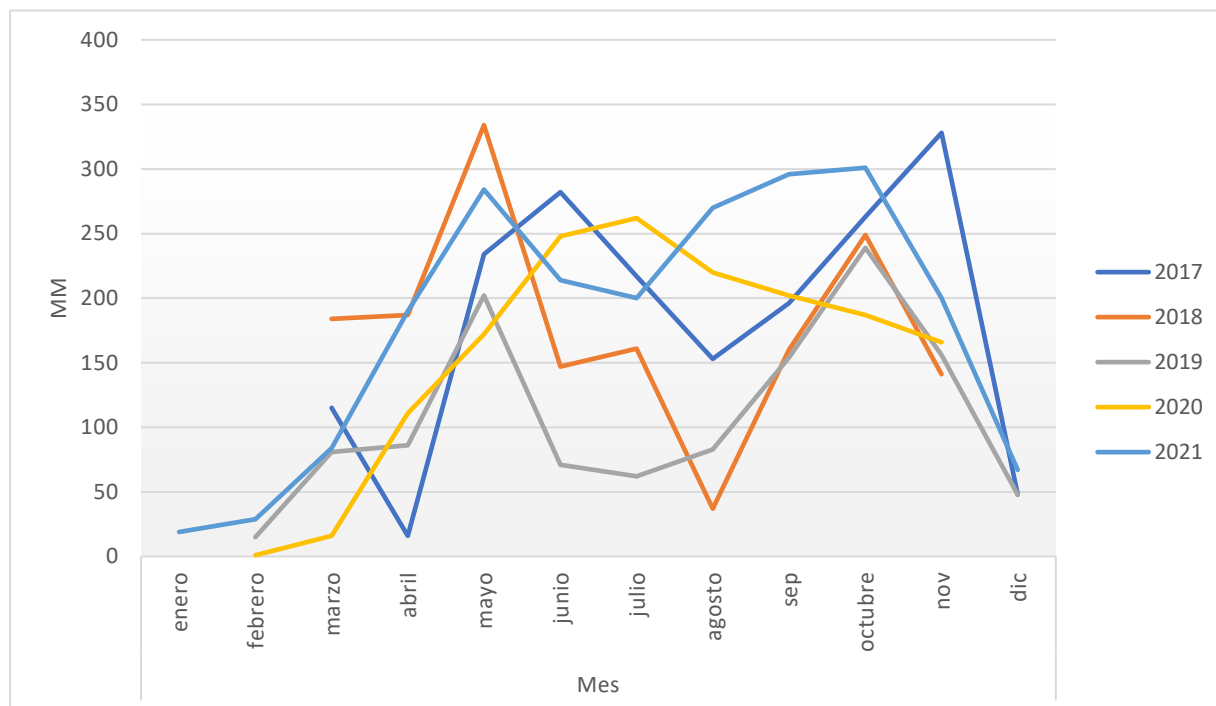
*Precipitación año 2020 hacienda Maquencal.*



Precipitación observada en el lote 1 mm/mes.

## Grafica 1

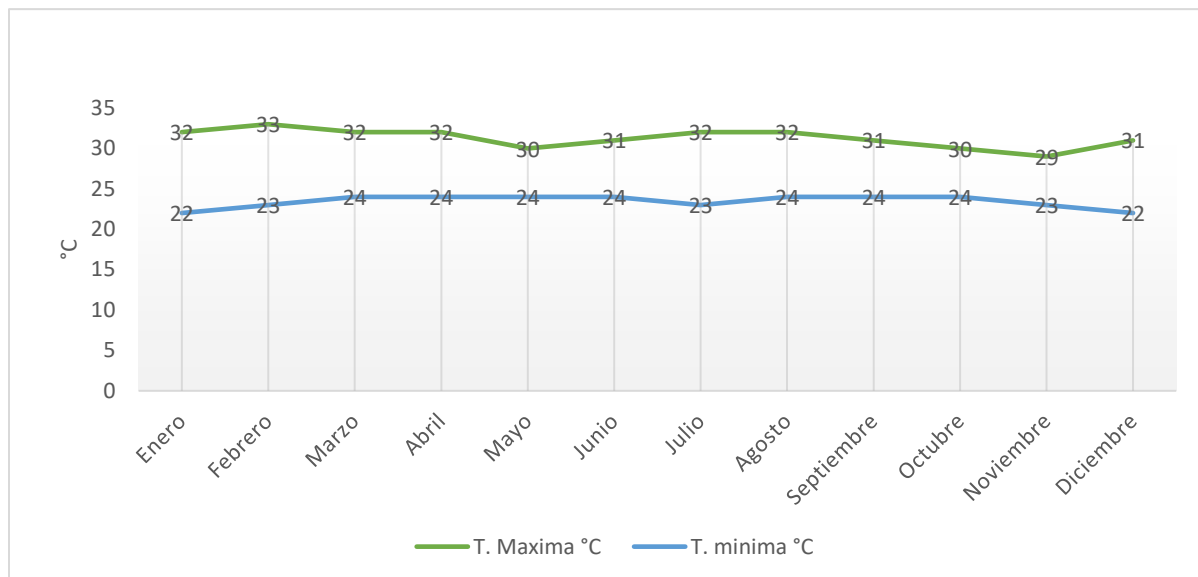
*Seguimiento de precipitación últimos 5 años. Hacienda Maquencal.*



El presente año presento una variabilidad de las precipitaciones a comparación de 5 años atrás donde los meses de sequía se intercambiaron con los meses de lluvias. El programa de fertirrigación se llevó a cabo normalmente cada dos meses, el ciclo de fertirriego, pero las precipitaciones generaron más tiempo en la etapa vegetativa y retrasando la etapa productiva en dos meses Hernández (2021).

## Grafica 2

*Temperaturas máximas y mínimas 2021.*



Fuente. Weather Spark 2021).

### 2.4.1 Sistema de fertirriego por microaspersor.

Es utilizado un microaspersor rondo de flujo regulado con tapa anti-insectos, provisto de su respectiva estaca y micro tubo para ser insertado en un lateral de polietileno de 16 mm, previamente extendido por cada doble hilera de cultivo (cada 6,2 mts) y con una distancia de 4.8 m entre uno y otro.

Cada micro aspersor descarga 70 L /hora cada bloque se programa por 2 horas con total de 140 litros.  $140 / 3 \text{ plantas por micro aspersor} = 46 \text{ L/planta/2 horas}$ .

**Figura 2.**

*Microaspersor Hacienda Maquencal.*



Ubicación del microaspersor en campo del lote 1a tratamiento por microaspersor propia (2021).

**2,2,2 Sistema de fertirriego por micro gotero.**

Consta de un micro-gotero el cual descarga un lamina de 4 litros/hora, los cuales se encuentran conectados a dos líneas de 16 mm del surco de la plantación, con distancias de 2.8 m entre una planta a otra, en la planta adulta van instalados 4 micro-goteros a una profundidad de 10 cm, los cuales riegan una lámina 16 mm/hora/planta, en la plántula pequeña van instalados 2 microgoteros a una profundidad de 10 cm, los cuales riegan una lámina de 8mm/hora, logrando un bulbo de riego alrededor de la planta de 80cm.

Datos del cálculo:

- Lamina neta 6 mm.
- Frecuencia del riego: diaria.
- Eficiencia del riego,  $\eta = 90\%$  ya que es un sistema de riego regulado hace referencia a la perdida por hojarasca que permite que el fluido que evapórice.
- Lamina de riego mm/hora: 2,35mm, lámina de agua que cubre en una hora.
- Duración de cada riego: 2 Horas por turno dependiendo de la capacidad de campo del cultivo y volumen del caudal de la quebrada.
- Caudal o descarga de cada aspersor de riego, diámetro húmedo y presión de trabajo requerida: Microaspersor rondo de flujo regulado de 70 litros por hora, 6 metros de diámetro de húmedo con presión de trabajo entre 1.5 a 3 bares. 33
- Capacidad máxima del sistema: 400 m<sup>3</sup> /h, electrobomba la capacidad.
- Espaciamiento entre Microaspersores: 4.8 metros.
- Número de Microaspersores que operan simultáneamente: 5.040 unidades en promedio por turno de riego.
- Las redes de conducción principales que proveerán agua al cultivo están calculadas en PVC de 8" y 6" RDE 41.
- El caudal promedio del sistema por hora es de 353 m<sup>3</sup>.
- Las sumatorias de pérdidas por fricción en válvulas y accesorios asciende a 0.9 bares.
- La altura dinámica total del sistema requerida es entonces 70 metros columna de agua (antes de filtrado).

### 2.2.3 Mantenimiento de los sistemas de fertirriego.

Un buen mantenimiento al sistema de riego es de vital importancia para su adecuado funcionamiento esto implica la verificación y evaluación de todos sus componentes.

Conformadas por:

#### **Figura 3**

*Manómetro de presión en campo.*



#### **Figura 4**

*Electrobomba 25 hp.*



**Figura 5**

*Retro Lavado Automático.*



**Figura 6**

*Filtro de malla 4''.*



**Figura 7**

*Flujómetro medidor de caudal.*



**Figura 8**

*Automatizado de las válvulas de campo.*





**Figura 9**

*Tablero eléctrico 440 voltios.*

**Figura 10**

*Bomba de inyección fertirriego.*



**Figura 11**

*Venturi.*



## Capítulo 3

### 3.1 Metodología

#### 3.1.1 Diseño experimental.

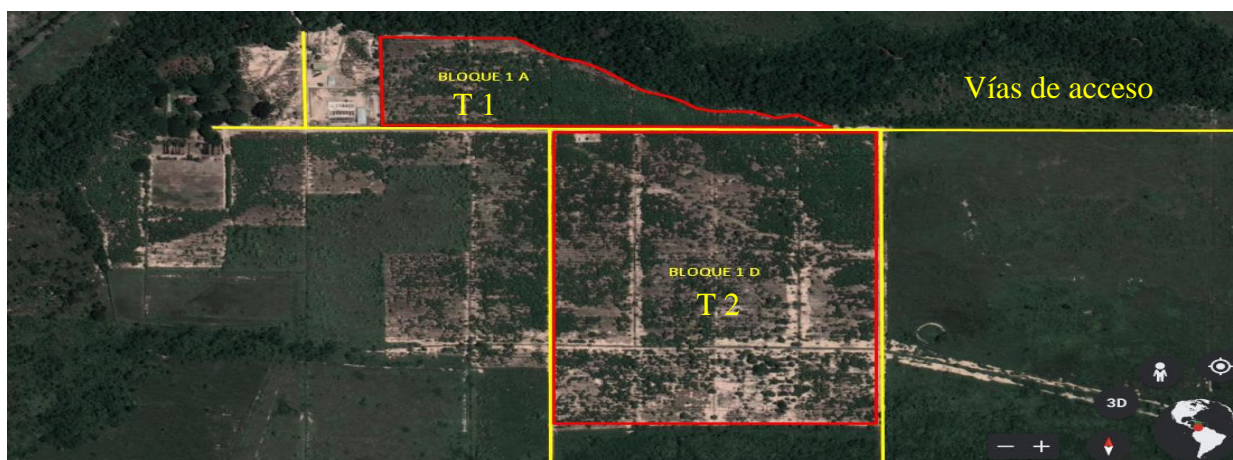
La plantación de la Hacienda Maquencal tiene una densidad de siembra de entre plantas de 2,40 m con modelo de doble hilera en triangulo y distancia entre surcos 3 m determinada como calle de trabajo, en total 1152 plantas/ha, se referenciaron 13 árboles como unidad experimental, completamente al azar, en el bloque 1 A (Tratamiento 1 fertirriego por microaspersión), posteriormente se escogieron 13 árboles en el bloque 1 D (Tratamiento 2 fertirriego por goteo), a los cuales se marcaron 5 brotes vegetativos y 5 cojinetes florales por planta, donde se le determino el área foliar de cada tratamiento en la etapa 1 de la escala BBCH, seguido de un conteo de flores en cada cojinete floral, se realizó semanalmente este conteo en ambos tratamiento de fertirriego, en total se evaluaron 130 brotes vegetativos y 130 cojinetes florales en ambos tratamientos.

Con los resultados de los muestreos obtenidos de las variables independientes (tratamiento 1 y tratamiento 2) se aplicó la prueba estadística (prueba T de student) para determinar si estas dos medidas obtenidas de los tratamientos significativamente distintas de un  $P \leq 0,05$  podemos decir que afirmamos que hay una diferencias entre las muestras y contamos con un 95% de probabilidad de tener razón.

En los análisis se trabajó como variables independientes los dos sistemas de fertirriego, y dos variables dependientes entre el área foliar y numero de flores.

## Figura 12

*Determinación de los bloques estudiados con sus tratamientos.*



Lote 1 imagen tomada de Google earth (2021).

### 3.1.1.1 Ubicación

La hacienda Maquencal propiedad de la Empresa COL AGROFORESTAL LA JAGUA ZOMAC S.A.S y sede de 123 TREE con coordenadas  $09^{\circ} 29' 40,3''$  N y  $73^{\circ} 25' 19,1''$  W a una altura de 73 msnm cuenta con una extensión divididas en 3 lotes (lote 1: 117 ha, lote 2: 203 ha y lote 3: 117 ha) de los cuales se tomó lote 1 con un área de 53 ha para la realización de este trabajo investigativo.

### 3.1.2 Sistemas de variables, método y herramientas de medición

#### 3.1.2.1 Tipo de Investigación

El proyecto de investigación fue de tipo experimental, donde se evaluaron el comportamiento agronómico del cultivo de cacao a libre exposición, donde se utilizaron dos sistemas de riego por microaspersión y el sistema de riego por goteo.

### **3.1.2.2 Muestreo de brotes y cojinetes florales**

Se tomaron muestras de cada brote vegetativo donde se midió la longitud y el ancho de cada hoja presente en el brote, seguido de la toma de datos por cada cojinete floral donde se realizó un conteo de flores abiertas y pepinos.

### **3.1.3 Datos a Registrar y Formas de Evaluación**

#### **3.1.3.1 Porcentaje de Fertilidad de Flores (%)**

Se tomo de cada árbol de los tratamientos 5 cojines florales y se registró semanalmente el número de flores y cada mes se registró las flores fértiles, desde el inicio de la investigación en un periodo a los 90 días. Y se obtuvo el porcentaje de floración en base al conteo realizado.

#### **3.1.3.2 Área foliar de cada brote**

Se seleccionaron cinco brotes terminales a cada árbol, seguido de un muestreo no destructivo donde se tomó el largo y ancho de cada hoja presente en el brote foliar semanalmente y se aplicó la fórmula de regresión para estimar el área foliar, hasta los 90 días del inicio de la investigación.

## Capítulo 4.

### 4.1 Resultados y discusión

#### 4.1.1 Análisis estadístico

La base de datos se realizó en una hoja de cálculo electrónica de Microsoft Excel 2019 se realizó una prueba de T student para muestras independiente con un valor de significancia ( $\alpha=0.05$ ) para las variables evaluadas en etapa 1 (área foliar) y etapa 6 (inflorescencia) según escala BBCH.

#### 4.1.2 Procesamiento de la información

**Tabla 6**

*Promedios área foliar cm<sup>2</sup>, tratados en la prueba T student.*

Tratamiento	Sem 31	Sem 32	Sem 33	Sem 34	Sem 35	Sem 36	Sem 37	Sem 38	Sem 39	Sem 40	Sem 41	Sem 42
Mic roas pers ión	2849 6,33	1289 79,20	22078 61,30	2397 36,33	2420 55,91	2759 21,91	2869 94,32	3175 50,42	3819 26,80	4303 77,20	4303 77,20	50739 8,20
Got eo	1152 70,70	2172 68,40	31838 8,40	3761 03,20	3760 77,00	4033 10,00	4033 10,00	5293 80,60	6400 02,20	8028 57,60	9466 35,60	11427 72,70

\* Sem quiere decir semena evaluada.

Según los promedios tomados semanalmente en los dos tratamientos presentaron una desigualdad en su varianza según lo demostrado en la tabla 7 prueba t student.

**Tabla 7**

*Prueba "T" student para etapa 1 escala BBCH área foliar.*

---

Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales, atapa 1 BBCH.

	Tratamiento 1 Microaspersión	Tratamiento 2 Goteo
Media	289806,24	522614,71
Varianza	18361230584	93548312259
Observaciones	12	12
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	15	
Estadístico t	-2,41	
P(T<=t) una cola	0,01	
Valor crítico de t (una cola)	1,75	
P(T<=t) dos colas	0,02	
Valor crítico de t (dos colas)	2,13	

---

Nota: El nivel de significancia es menor, con un valor de 0,02 al 0,05 al valor alfa, el cual indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que las varianzas son desiguales por lo tanto la diferencia de área foliar si es significativa, por ende, hay diferencias estadísticas.

**Tabla 8**

*Promedios evaluados en la prueba T entre flores y pepinillos semanalmente.*

Prom		Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Trat	F	5,38	4,46	5,38	5,15	5,15	5,92	4,30	4,07	3,23	6,76	6,30	4,07
1	P	0	0	0	0	0,23	0,08	0	0,07	0,07	0,23	0,84	0,30
Trat	F	5,15	3,23	5,76	3,76	4,23	4,61	6,38	4,92	5,69	6,23	4,23	5,23
2	P	0,15	0,15	0,07	0,76	0	0,15	0,30	0,46	0,92	0,92	0,15	0,46

\*Prom; promedios, Trat; Tratamientos, Sem; Semana, F; Flores, P; Pepinillos

La tabla fue obtenida con la media o promedio de las variables en cada tratamiento tras el seguimiento semanal de la toma de datos.

**Tabla 9**

*Prueba "T" student para etapa 6 escala BBCH, floración.*

Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Tratamiento 1 microaspersión	Tratamiento 2 goteo
Media	65,41	64,41666667
Varianza	174,62	161,90
Observaciones	12	12
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	22	
Estadístico t	0,18	
P(T<=t) una cola	0,42	
Valor crítico de t (una cola)	1,71	
P(T<=t) dos colas	0,85	
Valor crítico de t (dos colas)	2,07	



Nota: se obtuvo un P valor de 0,8 el cual indica que es mayor a el valor  $\alpha=0,5$  o valor de significancia, por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula la cual indica que no existe diferencia estadística significativa en la varianza de la etapa 6 según la escala BBCH floración por ende no hay una diferencia significativa.

**Tabla 10**

*Prueba "T" student para etapa 7 escala BBCH, pepinillos contados.*

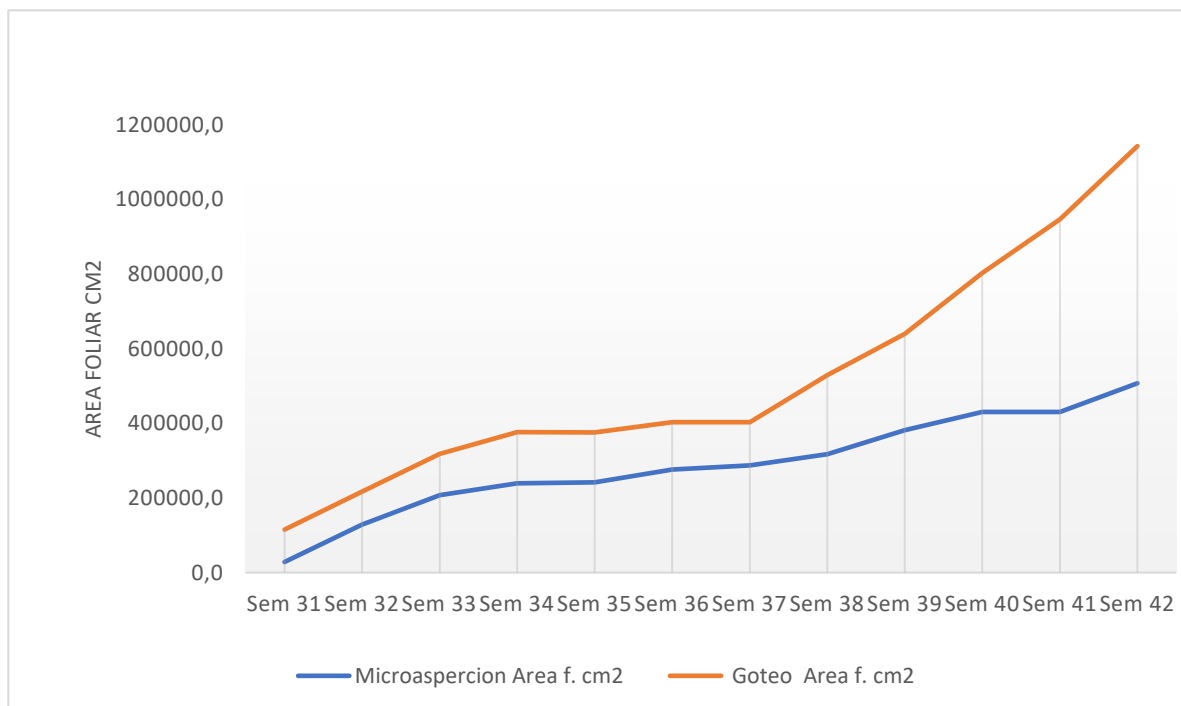
Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Variable 1	Variable 2
Media	0,15	0,37
Varianza	0,05	0,10
Observaciones	12	12
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	20	
Estadístico t	-1,88	
P(T<=t) una cola	0,03	
Valor crítico de t (una cola)	1,72	
P(T<=t) dos colas	0,07	
Valor crítico de t (dos colas)	2,08	

Se obtuvo un P valor de 0,7 el cual indica que es mayor a el valor  $p\leq 0,5$  o valor de significancia, por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula la cual indica que no hubo una varianza significativa para las flores que alcanzaron la fertilidad y su posterior desarrollo a la etapa fenológica BBCH 7 desarrollo de la fruta.

El estudio del área foliar para la etapa 1 en la escala fenológica BBCH, arrojó que el fertirriego por goteo obtuvo el valor más elevado en comparación con el tratamiento de microaspersión, basados en los datos obtenidos semanalmente de cada uno de los cinco brotes seleccionados por unidad experimental.

### Grafica 3

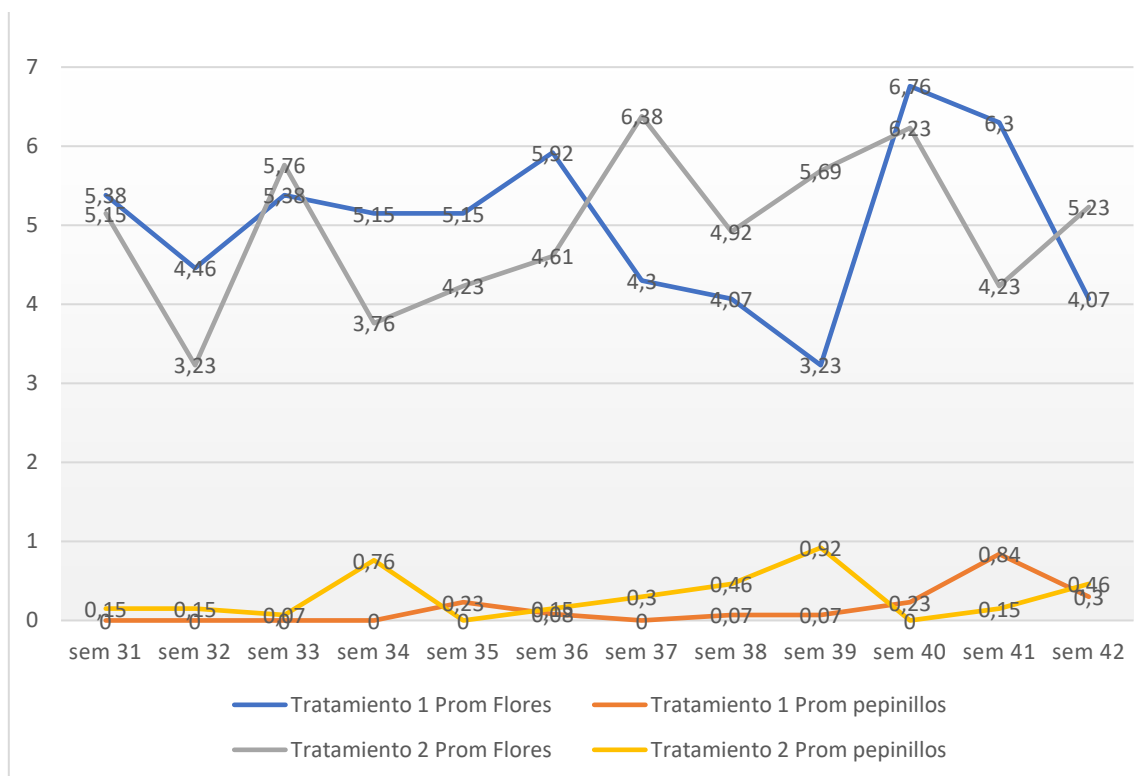
*Comparativa entre área foliar en los sistemas de fertirriego por goteo fertirriego por microaspersión. Hacienda Maquencal.*



Como evidencia en la gráfica y los valores arrojados por la prueba T student el riego por microaspersión presento a lo largo de las doce semanas, el menor promedio de área foliar.

#### Grafica 4

*Comparativa etapa reproductiva en sistema de fertirriego por goteo y fertirriego por microaspersión. Hacienda Maquencal.*



La comparativa entre el sistema de fertirriego por goteo y microaspersión indico que el promedio de floración hallado para la etapa 6 de la escala BBCH en los tratamientos, fue mayor para el tratamiento de microaspersión obteniendo el mayor número de flores, pero estadísticamente no hay diferencias significativas encontradas con la prueba T de student.

#### 4.1.2 Discusión de resultados.

En los análisis de las variables independientes, tratadas en los tratamientos 1 fertirriego por microaspersión y tratamiento 2 fertirriego por goteo, en comparación con las variables

dependientes como el área foliar y el porcentaje de floración para los estadios evaluados generaron datos interesantes.

El análisis de área foliar perteneciente a la etapa 1 de la escala BBCH (etapa de crecimiento del brote) realizada en la gráfica 5, indica un mayor desarrollo de área foliar para el tratamiento dos fertirriego por goteo en comparación con el tratamiento uno fertirriego por microaspersión, según el resultado en la prueba estadística realizada, este tratamiento otorga un mejor comportamiento agronómico en esta etapa de desarrollo, estudios realizados por Balcázar (2020), sobre el análisis comparativo de tres sistemas de riego, dónde el tratamiento por goteo mostro un mejor rendimiento agronómico validan los resultados obtenidos.

por otra parte, si observamos la etapa 6 de la escala BBCH (floración) el análisis de fertilidad de las flores, podemos observar que hay una paridad en los resultados según los promedios obtenidos en la etapa 6 (floración) como se observaron en la gráfica 6, y probado en la prueba estadística realizada, donde no hubo una varianza significativa y por ende el comportamiento agronómico de estas muestras son similares. El tratamiento de fertirriego por goteo arrojó datos de mejor desempeño agronómico, debido a que posiblemente este aprovecho el riego de manera más eficiente y comparte lo planteado por, Romero y Proaño (2008) donde hacen alusión de una buena relación entre el porcentaje de aire, agua, humedad efectiva lo cual permitió trasladar los nutrientes aplicado en el fertirriego manteniendo un menor gasto de energía, mientras que el tratamiento dos (microaspersión) la disponibilidad de agua y nutrientes aplicados no fueron aprovechados de la misma forma con respecto al tratamiento por goteo debido a la posible evaporación del agua y la volatilización de los elementos de fertirriego aplicados.

## Conclusiones

- Con el estudio realizado del comportamiento de las variables agronómicas de él clon CCN-51 a libre exposición, en la fase vegetativa estadio 1 de la escala BBCH el tratamiento con mejor desempeño fue el tratamiento 2 riego por goteo.
- Se determino que ambos tratamientos presentaron similitud de desarrollo en la etapa 6 de la escala BBCH floración, ya que no hubo una diferencia estadística que demostrara un mayor desempeño de las variables agronómicas en cuanto a la varianza de las muestras.

## Recomendaciones

Se recomienda realizar una evaluación del requerimiento hídrico, para cada etapa fisiológica del cacao (*T. cacao*) permitiendo de este modo optimizar el recurso hídrico y conocer el requerimiento hídrico con más exactitud para las condiciones ambientales, presentes en la zona de influencia del cultivo.

Evaluar el comportamiento de la evapotranspiración teniendo en cuenta las condiciones agroclimáticas presentes en la zona, que permita suministrar de forma oportuna y eficiente el uso del agua permitiendo alcanzar un mejor desarrollo en los componentes de rendimientos agronómicos del cultivo de cacao (*T. Cacao*).

## Referencia

Alcaldía Municipal La Jagua Ibirico (2019). Recuperado el 11 de mayo de 2021:

<http://www.lajaguadeibiricoesar.gov.co/>

Balcázar, R. (2020). ANALISIS COMPARATIVO DE TRES SISTEMAS DE RIEGO EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.). 07 de junio 2022:

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BALCAZAR%20RAMIREZ%20JASON%20FERNANDO.pdf>

Diego, H. Martha, B. y Luis, G. (2019). Evaluación del riego y poda sobre la fenología y rendimiento de *Theobroma cacao* L. 13 de marzo 2022:

<http://dx.doi.org/10.15517/am.v30i3.36307>.

FAO. (2010). Cacao operaciones y postcosecha. CACAO, 4-78. CACAO: Operaciones Postcosecha. <http://www.fao.org/3/a-au995s.pdf>

Gualpa, F. (2017). Diseño de un proyecto de riego por goteo y microaspersión para el cultivo de cacao en la congona, santo domingo de los Tsáchilas. Santo Domingo: ESPE. 1 de mayo de 2021: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8265>

Romero, J., y Proaño, J. (2008). Evaluación del efecto del riego por goteo y microaspersión en la productividad del cacao (*Theobroma cacao*)-CCN 51 en un suelo ustifluent típico en

la zona Chongon península de Santa Elena provincia del Guayas. 13 de mayo 2022:  
<https://studylib.es/doc/3431502/evaluaci%C3%B3n-del-efecto-delriego-por-goteo-y-microaspersi%C3%B3n>

Suarez, Melgarejo. E, Humprey. J, A, Di Rienzo. F, casanoves. (2018). Estimación no destructiva del peso foliar y área foliar en cacao (*Theobroma cacao* L.). 08 de agosto de 2021: <https://www-sciencedirect-com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0304423817306490>.

Pachón, R. A., Figueroa, O.E., y Chavarro, J. I. (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. 13 de mayo 2021:  
[DialnetEvaluacionDeSistemasDeRiegoLocalizadoEnCultivoDeCa-5432260.pdf](#) 60  
Phillips, W., Arciniegas, A., Mata, A., &Montamayor, C. (2012). Catalogó de clones de cacao Turrialba, Costa Rica

Puyataxi y Gaibor (2017) Evapotranspiración del cultivo. Roma: Estudio FAO Riego y drenaje. Recuperado el 11 de mayo de 2021: De igual forma la temperatura y la radiación solar. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3307/1/T-UTEQ-0137.pdf>



MADR, 2020 CADENA DE CACAO Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales marzo 2020, 15 de mayo de 2022. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/2020-0331%20Cifras%20Sectoriales.pdf> 20Sectoriales.pdf

Motamayor, JC; Risterucci, AM; López, PA; Ortiz, CF; Moreno, A; Lanaud, C. 2002. Cacao domesticación. In The origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*89:380386. 15 de mayo de 2021: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/16271/3/Hern%C3%A1ndezArangoAngelaMar%C3%ADa2019.pdf>

Namicela, R. J. (2016). Comportamiento fisiológico y crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica L.*), Bajo cuatro niveles de humedad del sustrato en la quinta experimental docente la Argelia. loja: universidad nacional de loja. 17 de mayo de 2021: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3307/1/T-UTEQ-0137.pdf>.

Niemenak, C, Cilas, C. Rohsius, H. Bleiholder, U. Meier y R. Lieberei, (2009). Phenological growth stages of cacao plants (*Theobroma sp.*): codification and description according to the BBCH scale. 08 de agosto de 2021: doi:10.1111/j.1744-7348.2009.00356.x

(PDEA 2020). PLAN DEPARTAMENTAL DE EXTENSIÓN AGROPECUARIA. 29 de marzo 2022: <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/PublishingImages/Paginas/PDEA/PDEA%20CESAR%202020-%202023.pdf>

Procolombia. (2021). Invierta en Colombia. Bogotá. 13 de marzo 2022:

[http://es.slideshare.net/inviertaencolombia/perfil-cacao2012?redirected\\_from=save\\_on\\_embed](http://es.slideshare.net/inviertaencolombia/perfil-cacao2012?redirected_from=save_on_embed).

Ramoz, F. (2014). El sistema de producción de cacao en Colombia. 18 de mayo de 2021:

<http://bdigital.unal.edu.co/59141/1/1032373448-2017.pdf>

Solórzano y Mendoza. (2010). Propagación vegetativa del cacao por los métodos de injerto y

de estacas enraizadas, estación experimental Agrícola, circular de extensión

#49.1954.17p. 18 de mayo de 2021:

<http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/28/1/Sabando%20Lucas%20Leonardo%20AlejandroMolina%20Aquino%20Richard%20Robinson.pdf>.

Weather Spark (2021). El clima y el tiempo promedio en todo el año en La Jagua de Ibirico.

30 marzo de 2022: <https://es.weatherspark.com/y/24419/Clima-promedio-en-La-Jagua-de-Ibirico-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>