

**Evaluación agronómica de cuatro materiales de cacao (*Theobroma cacao* L.) durante la etapa de establecimiento en zona marginal del municipio de Cáchira, Norte de Santander**

**Ángel Serrano Pinto**  
**Código: 1098607354**

**Universidad de Pamplona**  
**Facultad de Ciencias Agrarias**  
**Departamento de Agronomía**  
**Pamplona, 2018**

**Evaluación agronómica de cuatro materiales de cacao (*Theobroma cacao* L.) durante la etapa de establecimiento en zona marginal del municipio de Cáchira, Norte de Santander**

**Autor: Ángel Serrano Pinto**  
**Código: 1098607354**

**Trabajo de investigación profesional presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo**

**DIRECTOR:**  
**Erika Karina Ramírez Siniva**  
**Ingeniera Agrónoma**  
**Asociada a FEDECACAO**

**Universidad de Pamplona**  
**Facultad de Ciencias Agrarias**  
**Departamento de Agronomía**  
**Programa de Ingeniería Agronómica**  
**Pamplona, 2018**

## **Dedicatoria**

*A mis padres:*

*Ángel Serrano Ardila y Mireya Pinto*

*Por ser mi apoyo, mis guías y las personas que me han enseñado que los proyectos se finalizan y que los sueños se hacen realidad con esfuerzo.*

*A mi compañera:*

*Yurley Bibiana Vega Patiño*

*Por ser mi motivación, mi apoyo incondicional en todo momento*

*A mis niños:*

*Miguel Augusto y Liz Alejandra*

*Por estar a mi lado y ser mis consentidos.*

*A mis hermanos Adriana y Diego Alejandro.*

*A la memoria de:*

*Luis Hernando Serrano Ardila Q. E. P. D. porque en mis momentos más difíciles estaba alentando mi vida, mi amigo.*

*Cleofelina Ardila Ferreira Q. E. P. D. mi viejita hermosa quien fue mi fortaleza mi abuela ejemplar*

## **Agradecimientos**

Doy gracias a Dios, por darme la vida, una gran familia  
Y la oportunidad de realizar uno de mis grandes sueños:  
Ser Ingeniero Agrónomo.

A la profesora e ingeniera: Erika Karina Ramírez Siniva  
por su infinita paciencia, gran asesoría y colaboración con  
el logro de los objetivos de este proyecto.

A los docentes: Enrique Quevedo García y Yamit García,  
por su colaboración durante el proceso y los conocimientos aportados.

A los señores Miguel Páez y Armando Páez Vega  
Por permitirme trabajar en su finca y realizar  
el proyecto en estos cuatro meses.

A mi compañero Esneider Salcedo Durán por su amabilidad,  
amistad, apoyo y hospitalidad.

A Jesús Forero Cuadros, por ser patrocinador en mi proceso de formación.

Y a las demás personas, familiares, compañeros y docentes  
que estuvieron presentes a lo largo de mi formación.

## Resumen

En Colombia el cultivo de Cacao ha tenido un gran auge debido a su potencial como producto para satisfacer las necesidades del mercado interno y evitar importaciones, ha estado reemplazando los cultivos ilícitos y además está siendo respaldado por estar en un sistema agroforestal, importante para los factores ambientales y de sostenibilidad.

Cabe resaltar que el estudio de nuevas zonas aptas para cultivo de Cacao se viene dando con la finalidad de aprovechar las regiones adecuadas para obtener muy buenos rendimientos. Por esta razón el proyecto se realizó en una zona marginal del cultivo, a 1.150 metros sobre el nivel del mar.

El objetivo del proyecto fue el de evaluar la adaptabilidad de cuatro clones de cacao de características particulares donde se analizaron variables de crecimiento: altura de planta, número de ramas, grosor de tallo, número de hojas, área foliar, largo, ancho y largo por ancho para establecer cuál clon es el que se adapta mejor a la zona y es potencial para establecer en los sistemas productivos agroforestales.

De los cuatro clones estudiados, el clon TCS 01 fue el material vegetal que presentó mejores rendimientos en las variables analizadas, estando por encima de los clones CCN 51, FEAR 5 y FSV 41.

El estudio de adaptabilidad de clones a ciertas zonas agroecológicas es muy importante y cabe resaltar que en Colombia no existen estudios similares, lo cual permite que se abran estudios en otras zonas y además estudiar clones que se adapten a la zona que se evaluó, que fue Cáchira, Norte de Santander.

## Tabla de contenido

Resumen.....	5
Introducción .....	11
Capítulo 1.....	14
1. Problema .....	14
1.1 Planteamiento y descripción del problema .....	14
1.2 Justificación .....	14
1.3 Delimitación.....	16
1.4. Objetivos .....	18
1.4.1. Objetivo general.....	18
1.4.2. Objetivos específicos .....	18
Capítulo 2.....	19
2. Marco de Referencia.....	19
2.1. Marco de antecedentes .....	19
2.1.1. Adaptabilidad de clones promisorios de Cacao nacional <i>Theobroma cacao</i> L., en el Cantón Arosemena Tola de Ecuador.....	19
2.1.2. Comportamiento de seis clones de Cacao <i>Theobroma cacao</i> L. en Guasaganda, provincia de Cotopaxi, Ecuador.....	20
2.2. Marco contextual .....	20
2.3. Marco teórico .....	22
2.3.1. Botánica y Ecofisiología .....	22
2.3.2. Clasificación taxonómica.....	24
2.3.3. Zona Agroecológica de la vereda El Silencio, municipio de Cáchira, Norte de Santander	24
2.3.4. Adaptabilidad.....	25
2.3.5. Escala BBCH .....	25

2.3.6. Variables fisiológicas.....	28
2.3.7. Características del material vegetal de cacao.....	28
2.4. Marco legal .....	32
Capítulo 3.....	34
3. Metodología .....	34
3.1. Diseño metodológico .....	34
3.2. Diseño de la investigación .....	34
3.3. Hipótesis .....	34
3.4. Descripción del sistema de variables .....	34
3.5. Diseño de la investigación .....	35
Capítulo 4.....	38
4. Resultados y análisis.....	38
4.1. Evaluación y análisis de resultados.....	38
4.1.1 Evolución de las variables crecimiento vegetativo en los clones; FEAR 5, FSV 41, CCN 51 Y TCS 01 desde el estadio 10 hasta el estadio 30.....	38
4.1.2. Evaluación de la relación entre las variables de crecimiento. ....	48
4.1.3. Evolución de las plantas mediante observación en 120 días del desarrollo del proyecto en los clones; FEAR 5, FSV 41, CCN 51 Y TCS 01 desde el estadio 10 hasta el estadio 30.....	50
5. Conclusiones .....	53
6. Recomendaciones .....	54
7. Bibliografía .....	55

### Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Etapa de crecimiento 1: Desarrollo de la hoja en el brote principal de la planta joven y en las ramas de los abanicos .....	26
<b>Tabla 2.</b> Etapa de crecimiento 2: Alargamiento del tallo principal, formación de horqueta de ramas de abanico y chupón.....	26
<b>Tabla 3.</b> Etapa de crecimiento 3: Elongación de la rama del ventilador.....	27
<b>Tabla 4.</b> Análisis de varianza de un factor aplicado a las variables de crecimiento vegetativo...	39
<b>Tabla 5.</b> Prueba de rangos múltiples Duncan a la altura de la planta, número de ramas, grosor de tallo y número de hojas en los 120 días de evaluación. ....	41
<b>Tabla 6.</b> Prueba de rangos múltiples Duncan al área foliar, largo, ancho y largo x ancho en los 120 días de evaluación. ....	43
<b>Tabla 7.</b> Índices de R y Rho.....	49
<b>Tabla 8.</b> Correlación de Pearson, aplicada a las variables de crecimiento evaluadas.....	50
<b>Tabla 9.</b> Escala BBCH desde el estadio 10 hasta el estadio 30 .....	50

### Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Ubicación del municipio de Cáchira en el departamento de Norte de Santander. ....	21
<b>Figura 2.</b> Clon CCN 51.....	28
<b>Figura 3.</b> Clon TCS 01.....	29
<b>Figura 4.</b> Clon FEAR 5.....	30
<b>Figura 5.</b> Clon FSV 41.....	31
<b>Figura 6.</b> Diseño experimental en bloques al azar.....	36
<b>Figura 7.</b> Diseño de la plantación en sitio definitivo.....	37

**Lista de anexos**

<b>Anexo 1.</b> Fotografias de la evaluación del clon CCN-51 .....	589
<b>Anexo 2.</b> Fotografias de la evaluación del clon FSV-41 .....	60
<b>Anexo 3.</b> Fotografias de la evaluación del clon FEAR-5 .....	61
<b>Anexo 4.</b> Fotografias de la evaluación del clon TCS-01 .....	62

## Introducción

El cultivo de Cacao se enmarca en un sistema agroforestal debido a que se cultiva con otras especies vegetales principalmente frutales y maderables, de los cuales los más comunes son el plátano (*Musa x paradisiaca*), Cedro (*Cedrela odorata*) y Búcaro (*Erythrina poeppigiana*)

. Estos cultivos además de proporcionar sombra al grano, permiten que el agricultor tenga otras alternativas de ingresos (Arboleda & Gonzalez, 2010).

Estos sistemas conservan el suelo y el ambiente, debido a que son grandes generadores de biomasa, capturadores de dióxido de carbono, y eficientes liberadores de oxígeno. Aparte de lo beneficioso para el medio ambiente, el sembrado de este producto agrícola se caracteriza por ser un cultivo tradicional de economía campesina que demanda gran cantidad de mano de obra del cual se estima que viven aproximadamente 27.000 familias (Arboleda & Gonzalez, 2010).

Además, el cacao se siembra en zonas de conflictos sociales y con presencia de cultivos ilícitos, razón por la cual ha sido uno de los productos favorecidos con los programas de desarrollo alternativo del plan Colombia, porque constituye un proyecto productivo forestal, es un sustituto de cultivos ilícitos, y es una fuente lícita de ingresos. En el año 2003 requirió de 48.949 empleos para cosechar un área de 104.561 hectáreas, superando ampliamente el empleo requerido y al área dedicada a cultivos como el banano el plátano, y el tabaco (Espinal, Martínez, Beltrán, & L., 2005).

La investigación realizada en el proyecto se refiere al tema de la adaptabilidad de materiales clonales de cacao en una zona marginal para el desarrollo de su sistema productivo, haciendo referencia al cambio climático, fenómeno que está redistribuyendo lentamente los cultivos hacia zonas que se consideran contiguas para sus rendimientos óptimos y económicamente viables.

La característica principal de este tipo de cultivares en zonas marginales radica en el potencial que se tiene en dichas zonas, las cuales se convierten en áreas con menos limitantes que en las zonas tradicionalmente activas, ya que se debe tener en cuenta que estas zonas tradicionales por variaciones agroclimatológicas como temperatura, humedad relativa, precipitaciones, vientos, brillo solar; variaciones de sanidad vegetal (aumento de umbrales de infestación e infección) y variaciones edáficas como posible salinidad, saturación de bases o degradación de los suelos por malas prácticas culturales hacen que aumenten los costos de producción.

El estudio materiales clonales de cacao se realizó por el interés de conocer su acondicionamiento a variables de tipo climatológico, se basa en el mejoramiento de los rendimientos del desarrollo vegetativo y comportamientos fisiológicos de las plantas que se establecen. Se profundizó acerca de un sistema de producción que es atractivo en aspectos ambientales, económicos, culturales y sociales, por tanto, es de interés académico. Asimismo, se interesó por aportar resultados estadísticos que aprueben o rechacen las hipótesis que se establecieron durante el proyecto.

El proyecto pretendía evaluar agronómicamente el crecimiento y comportamiento de adaptación desde el estadio 10 de la escala BBCH, hasta el estadio 30 de la escala BBCH, de cuatro clones de cacao de promisoría adaptabilidad para la zona para lo cual se establecieron en cuatro parcelas, de cuatro bloques cada una, con los materiales vegetales introducidos CCN 51, y los clones regionales FEAR 5, TCS 01 y FSV 41. A dichos clones se les realizaron análisis clásico de crecimiento.

Se tiene en cuenta cada uno de los clones anteriormente nombrados por una característica especial que poseen: El clon FEAR 5 tiene una adaptabilidad para la zona agroecológica de Bosque Húmedo Tropical (BHT), el clon CCN 51 es un material vegetal de tipo universal, desarrollado en

Ecuador, el cual tiene una amplia adaptabilidad de temperatura, precipitación, radiación solar y tipo de suelos. El clon FSV 41 es un material desarrollado por la Federación Nacional de Cacaoteros Fedecacao, para la zona de montaña santandereana (MS), la cual está adaptada a todo el departamento de Santander y algunas zonas de Norte de Santander. Por último, se tiene el clon TCS 01, material regional desarrollado por CORPOICA para toda la zona de montaña santandereana (MS). En el transcurso del trabajo de grado se explicará más detalladamente tanto las zonas agroecológicas como la descripción de cada uno de los clones.

Los cuatro clones trabajados en el proyecto tuvieron tratamientos iguales, y estuvieron sembrados en bloques al azar en una parcela homogénea donde se establecieron mediante un sistema agroforestal con Higuera *Ricinus communis*, Plátano *Musa paradisiaca* y Guamo *Inga edulis*.

Las variables que se tomaron en el desarrollo del proyecto fueron área foliar, grosor del tallo a 15cm de altura, número de hojas, número de ramas, altura de la planta, largo, ancho y relación largo-ancho de la hoja. Para todos los bloques se realizó el mismo manejo agronómico, para tener uniformidad en el desarrollo de los bloques y en la toma de datos.

## **Capítulo 1.**

### **1. Problema**

#### **1.1 Planteamiento y descripción del problema**

Bajo las condiciones agroecológicas de la finca El Silencio, ubicada en la vereda El Silencio del municipio de Cáchira, se desconoce el comportamiento fisiológico y agronómico de clones de cacao que tienen potencial para adaptarse a la zona marginal.

Se evidencia la necesidad de adaptar materiales de cacao, en este caso de cuatro clones (CCN 51, TCS 01, FSV 41 y FEAR 5), en la finca El Silencio, debido a que existen regiones o zonas con alto potencial para el desarrollo de sistemas productivos, en este caso con el sistema productivo de cacao y esa es la razón de ser del proyecto: la búsqueda de nuevas áreas y la adaptación de clones de cacao en áreas promisorias de cultivo.

La gran mayoría de los habitantes de la vereda El Silencio son agricultores y subsisten con la siembra de cultivos transitorios como tomate, habichuela, pimentón, ahuyama, frijol, y maíz. Dentro de los cultivos permanentes y/o anuales se destacan sólo la naranja, lo cual hay una cultura muy escasa de ser agricultores de sistemas perennes, como el cacao en el caso de interés y además una forma de conservación del ecosistema y la no degradación con los cultivos transitorios a los cuales se aplican insumos de origen químico.

#### **1.2 Justificación**

En el Departamento de Norte de Santander existen 13.000 Hectáreas de Cacao híbrido reportadas, frente a 2.500 hectáreas con material genético mejorado, lo que permitirá aumentar la productividad y calidad del grano Norte santandereano, donde gracias al reconocimiento hecho al país por la Organización Internacional del Cacao–ICCO en el año 2016, como productor de

cacao fino de aroma, se orientará el desarrollo de nuevos cultivos con materiales de origen trinitario, similar al que se produce en plantaciones antiguas (Gobernación de Norte de Santander, 2016).

Lo que buscó el desarrollo del proyecto era ampliar nuevas zonas de área de cultivo al implementar cuatro materiales clonales de cacao en zonas marginales del municipio de Cáchira, Norte de Santander, evaluando su adaptación agronómica durante la etapa de establecimiento bajo condiciones agroecológicas, demostrando que el desarrollo vegetativo de estas plantas es ideal y adecuado mediante la constitución de una escala BBCH de la región, desde el estadio 10 hasta el estadio 30 y a su vez se comparó la evolución de las variables de crecimiento vegetativo entre los clones, se determinó cuál es el clon que más adaptabilidad tiene en la zona mediante los resultados del proyecto.

Al establecer esta área con clones de Cacao en la finca El Silencio, de la vereda El Silencio, del municipio de Cáchira, permitió ser un proyecto piloto para las instituciones de la región, para los agricultores interesados en diversificar sus cultivos y en las entidades públicas o privadas que quieran aportar en el proyecto.

Se contó con material de propagación que podrá proveer a la zona de plantas adaptadas al medio, lo que permitirá en un futuro cercano la construcción de un vivero en la finca, para establecimiento a escalas mayores que las que se iniciaron y además para el comercio de material de este tipo, convirtiéndose en una oportunidad de ingresos adicionales para la finca, debido a que se ahorrarían costos de producción en el transporte de material hasta la zona, ya que estos materiales se traen desde el municipio de El Playón, Santander.

Con los resultados del presente trabajo de investigación se pretende brindar una herramienta

muy importante para la planeación de las labores de cultivo en la etapa de establecimiento de los clones de cacao evaluados en las condiciones de la finca El Silencio, a futuro hacer una selección de los mejores clones para la zona agroecológica de la región, la cual es Mf de clima medio, provincia húmeda-perhúmeda, con precipitación de 1.000 - 4.000mm anuales; y de este modo contar con una oportunidad para fortalecer los lazos de cooperación con la Federación Nacional de Cacaocultores a nivel del municipio, así como con otras asociaciones de productores, entidades y empresas de la cadena productiva.

### **1.3 Delimitación**

La delimitación del proyecto abarca alcances de tipo social, temporal, académicos e investigativos.

En el alcance social, es un proyecto piloto, que proporcionó información importante sobre la capacidad de adaptación de los clones de cacao a establecer, se convirtió en un valioso espacio para los agricultores de la zona, como un cultivo de alto potencial, una forma de diversificar sus sistemas productivos y generar otro tipo de ingresos y mantener en los predios sistemas agroforestales (silvoagrícolas).

El estudio del proyecto tuvo una duración de aproximadamente cuatro (4) meses, donde se sembraron los clones, se dejó que tuvieran respuesta vegetativa (empiecen a rebrotar ya en sitio definitivo), donde se apreció el estadio 10 de la escala BBCH y de ahí en adelante se tomaron los datos de las variables los cuales fueron área foliar, grosor del tallo a 15cm de altura, número de hojas, número de ramas, altura de la planta, largo, ancho y relación largo-ancho de la hoja hasta el estadio 30 de la escala BBCH. En síntesis, el proyecto inició en los primeros días del mes de julio y terminó en los primeros días del mes de diciembre del año 2018.

El alcance académico está dado principalmente con la realización del proyecto para la obtención del título de ingeniero agrónomo para el autor; tiene impacto en los colegios agrícolas del sector, como base para estudios posteriores, siguiendo la secuencia de la escala BBCH hasta el estadio 89, como una parcela demostrativa para realizar días de campo para los agricultores interesados en el sistema productivo. Para el alcance científico se tuvo en cuenta el presente proyecto como un modelo a seguir para establecer los comportamientos de adaptabilidad a otras zonas de interés del territorio colombiano, ya que este tipo de proyecto no se ha desarrollado en forma activa, sin tener en cuenta lo valioso que es para el sector cacaotero del país.

Lo que se investigó con el establecimiento de los clones a trabajar es la adaptación que tienen, la respuesta a las condiciones edafoclimáticas y plantear cuáles de los clones sembrados tuvieron mejor comportamiento, y cuáles fueron los clones potencialmente aptos para sembrar en la zona, dentro de los que se trabajaron en el proyecto.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar la adaptación agronómica de cuatro (4) materiales de Cacao durante la etapa de establecimiento bajo las condiciones agroecológicas de la zona marginal, del municipio de Cáchira, Norte de Santander.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la escala fenológica BBCH desde el estadio 10 hasta el estadio 30 en cuatro materiales de Cacao.
- Comparar la evolución de variables crecimiento vegetativo en cuatro materiales de cacao desde el estadio 10 hasta el estadio 30.

## Capítulo 2

### 2. Marco de Referencia

#### 2.1. Marco de antecedentes

Dentro de los antecedentes de un proyecto igual en Colombia no se ha encontrado, en la región a desarrollar el proyecto no hay trabajos referentes a adaptabilidad en Cacao, sólo existen dos proyectos similares en Ecuador, donde describen la adaptabilidad de clones de cacao promisorios a ciertas zonas del vecino país. A continuación, se describen brevemente los proyectos realizados con similitud al proyecto que se va a desarrollar.

##### **2.1.1. Adaptabilidad de clones promisorios de Cacao nacional *Theobroma cacao* L., en el Cantón Arosemena Tola de Ecuador.**

La investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar la adaptabilidad de tres clones promisorios de Cacao Nacional, propuestos por el Instituto Ecuatoriano Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, en las condiciones ecológicas del cantón Arosemena Tola, perteneciente a la provincia de Napo, Ecuador. Para cumplir este objetivo se realizó un diseño de bloques al azar, donde los tratamientos consistieron en los clones promisorios, EET-95, EET-96 y EET-103 comparados con el clon CCN-51 (utilizado como control). Se evaluaron indicadores morfológicos y agronómicos. Los clones promisorios poseen características de adaptabilidad a las condiciones en estudio, en particular el clon EET-103, con alto índice de semillas, similares valores en los índices de mazorca y rendimiento que el control, pero con mayor calidad y menor contenido de metales pesados en las semillas (Pérez, 2017).

### **2.1.2. Comportamiento de seis clones de Cacao *Theobroma cacao* L. en Guasaganda, provincia de Cotopaxi, Ecuador**

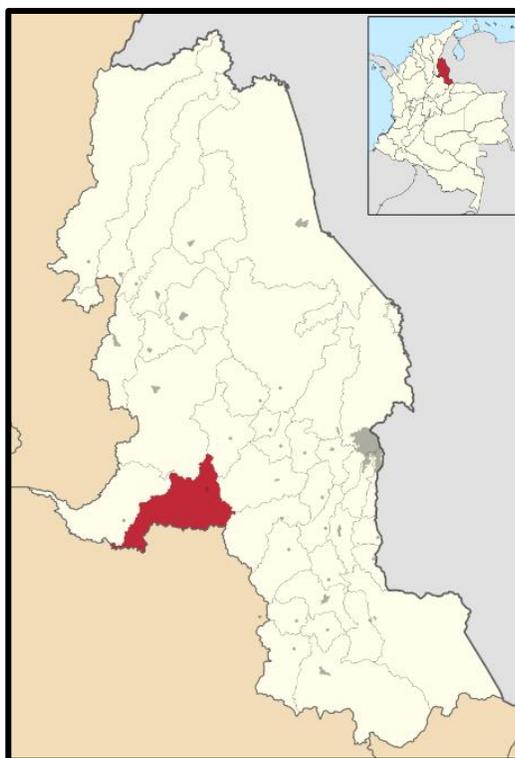
En la actualidad, no existe una variedad nacional genéticamente pura del cacao, pues lo que se encuentra es una mezcla de híbridos naturales que se agrupan en una población conocida con el nombre de complejo Nacional x Trinitario. Los tres grandes grupos de cacao que se reconocen a nivel internacional son: Criollos, Forasteros y Trinitarios, pero en el Ecuador existe una variedad Nacional que es diferente por ser nativa y proviene de los declives orientales de la Cordillera de los Andes en la hoya amazónica. La investigación se centró en monitorear el comportamiento de seis clones de cacao frente a las condiciones ambientales del sector de Guasaganda (Cantón La Mana, provincia de Cotopaxi) y tendrá una duración de seis años, iniciando el 8 de marzo del 2004 y finalizando el 8 de marzo del 2010. Los resultados preliminares han sido el punto de partida para desarrollar proyectos socioeconómicos en el sector, ya que el experimento demostró que existe una precocidad de los clones EET-103 y EET-544, porque se cosechan sus primeras mazorcas a los 12 meses de establecidos en el campo y la precocidad es un atributo asociado a la productividad, situación que favorece a los agricultores locales (Escobar, 2011).

### **2.2. Marco contextual**

El proyecto se realizó en el municipio de Cáchira, departamento de Norte de Santander, en la finca denominada El Silencio, vereda El Silencio, ubicada a 1.165 metros sobre el nivel del mar, donde se ha dejado un lote para la siembra y establecimiento del material vegetal de cacao, se ha dispuesto un área de 1.440m<sup>2</sup>, ya que se tomaron 40 plántulas por clon, para un total de 160 plántulas a sembrar.

El municipio de Cáchira está ubicado en la región occidental del departamento de Norte de Santander, en las estribaciones de la cordillera oriental en el valle fluvial formado por la quebrada Chorreritas y el río Cáchira del Espíritu Santo.

Su territorio goza de los tres pisos térmicos: la cabecera municipal con una temperatura promedio de 17°C y una altura sobre el nivel del mar de 2.024mts. La zona más alta corresponde al páramo de Guerrero, temperatura por debajo de los 0°C y su altura sobrepasa los 3.057 metros sobre el nivel del mar. La parte media con 20°C y la parte baja hasta 30°C, lo que hace que tenga una diversidad de productos agrícolas y pecuarios de los cuales depende su sustento y economía (Alcaldía de Cáchira, 2018).



*Figura 1.* Ubicación del municipio de Cáchira en el departamento de Norte de Santander.

fuelle: *Shadowfox*, 2012

Cáchira cuenta con 57 veredas y dos corregimientos, la vereda en la cual se realiza el proyecto se llama El Silencio; ubicada al centro del municipio, a una altitud de 1.165 metros sobre el nivel del mar, lo que hace de la zona, marginal para el cultivo de cacao (IDEAM, 2014).

La economía del municipio deriva del sector primario. Su principal actividad es la agricultura, sobresale el café, después la curuba, mora, maíz, fríjol, tomate, maracuyá y cacao. En la ganadería sobresale el ganado bovino. La principal actividad económica de sus habitantes, es la agricultura, que se encuentra bastante desarrollada en las vertientes de las cordilleras, donde sobresalen los cultivos de: café, plátano, yuca, maíz, cacao, caña panelera, fríjol, frutas y legumbres en general. La ganadería muestra cierto desarrollo importante en la parte alta del municipio.

## **2.3. Marco teórico**

### **2.3.1. Botánica y Ecofisiología**

El cacao es un árbol de porte relativamente bajo de la familia Malvaceae, especie *Theobroma cacao* L.; posee una raíz pivotante principal que puede penetrar hasta dos metros y raíces secundarias abundantes en los primeros 30cms; el tronco principal se desarrolla hasta una altura entre 0,80 y 1,50mts, cuando proviene de semilla sexual, y a esta altura da origen entre 3 a 5 ramas primarias a manera de verticilo, de ellas se desprenden las secundarias y terciarias; las hojas pecioladas de forma oblonga alargada; Las flores son caulinares, se encuentran distribuidas a lo largo del tronco y ramas, agrupadas en estructuras llamadas cojines florales, estas flores son pentámeras, con 5 estambres verdaderos de color blanco y 5 falsos de color morado, con un pistilo de un solo ovario; el fruto es una baya de una sola cavidad con placentación central que contiene de 20 a 50 granos, a dicho fruto se le conoce comúnmente como mazorca (Pinzón & Rojas, 2008).

La ecofisiología del cacao indica que es una planta tropical que se desarrolla entre los 18 grados de latitud norte a los 20 grados de latitud sur, y desde los 0 a los 1200 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas entre los 22°C y 30°C, con pluviosidad entre los 1500 y 2500 mm anuales y humedad relativa entre el 70% y el 80%, con vientos moderados (Pinzón & Rojas, 2008).

En Colombia se cultiva cacao en cuatro regiones que presentan características agroecológicas distintas entre sí y suelen denominarse de la siguiente manera: Zona de bosque húmedo tropical (BHT), valles interandinos secos (VIS), zona Andina o marginal baja cafetera (ZA) y montaña santandereana (MS) (Pinzón & Rojas, 2008).

El crecimiento y desarrollo del cultivo de cacao, bajo las anteriores condiciones, se da en las siguientes etapas: etapa de instalación, que comprende la fase vivero con cuatro (4) meses y formación del árbol de ocho (8) a doce (12) meses después de la fase de vivero, en el sitio definitivo, así como la instalación escalonada de las especies del sistema agroforestal. Etapa de levante, donde el cacao se encuentra en una fase juvenil que dura dos (2) a tres (3) años, y por último, la etapa productiva que se inicia a partir del cuarto año, y que en forma natural puede llegar hasta a los treinta y cinco o setenta años, pero que en cultivos comerciales llega a los veinte (20) años, ya que a partir de allí la producción empieza a declinar hasta llegar a la senectud y muerte del árbol. La fenología del cacao está influenciada por el régimen de lluvias, luego ésta varía de una zona de cultivo a otra, atravesando los árboles adultos en etapa productiva por un periodo de reposo, uno vegetativo, uno reproductivo y uno de cosecha (Pinzón & Rojas, 2008).

### 2.3.2. Clasificación taxonómica

Reino:	Vegetal
Subreino:	Embriophyta
Tipo:	Espermatofitas
Subtipo:	Angiospermas
Clase:	Dicotiledonea
Subclase:	Dialipétalas
Orden:	Malvales
Familia:	Malvaceae
Género:	Theobroma
Especie:	<i>Theobroma cacao</i> L. (Barrientos, 2012).

### 2.3.3. Zona Agroecológica de la vereda El Silencio, municipio de Cáchira, Norte de Santander

Comprende el piso térmico medio. Altura 1.000-2.000 m. s. n. m., temperatura 18-24°C; dentro de la cual se encuentra la provincia húmeda-perhúmeda con precipitación de 1.000 a 4.000mm. anuales y se clasifica en la zona agroecológica Mf y Mg. La zona agroecológica Mf son tierras de cordillera que están en diez y ocho (18) municipios del departamento de Norte de Santander, relieve quebrado a fuertemente quebrado con pendientes del 25 a 50%, los suelos derivados en su mayor extensión de materiales heterogéneos y en menor extensión sedimentarios, presentan evolución de baja a media y susceptible a procesos erosivos. Corresponde a áreas con cultivos permanentes diversificados y ganadería extensiva (Mendez, y otros, 1997).

La zona agroecológica Mg son tierras de las cordilleras del 95% de los municipios de Norte de Santander, de relieve escarpado con pendientes mayores del 50%; los suelos son poco evolucionados, generalmente superficiales, bien drenados, de fertilidad moderada, localmente pedregosos o rocosos. Son áreas aptas para cultivos permanentes o semipermanentes. Los sitios con pendientes mayores a 75% deben permanecer bajo bosque protector (Mendez, y otros, 1997).

#### **2.3.4. Adaptabilidad**

El término adaptabilidad se refiere a un comportamiento uniforme y predecible en un determinado genotipo a través de distintas localidades (Ceballos, 1998). Bajo estos conceptos Finlay y Wilkinson (1963), establecen que la variedad ideal es aquella que, teniendo una adaptabilidad general, presenta un potencial de máximo rendimiento en el ambiente más favorable y máxima estabilidad fenotípica. De igual forma un genotipo que cumpla con estos parámetros puede ser evaluado como una nueva variedad potencial para ser entregada a los agricultores o como material parental (Laing, 1978).

Eberhart y Russell (1966), publicaron varios resultados llegando a la conclusión que una variedad estable es aquella que no interacciona con el ambiente, sino que responde en concordancia con los cambios ambientales. Heinrich et al. (1983) explican la estabilidad como una habilidad que posee determinado genotipo para evitar fluctuaciones substanciales en el rendimiento al ser evaluado en diferentes ambientes.

#### **2.3.5. Escala BBCH**

La escala extendida BBCH es un sistema para una codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas (Hack, 1992).

Se tiene una escala BBCH para el sistema productivo de cacao, desarrollada en el continente africano, en Camerún, donde se describen cada uno de los estadios y fue el resultado de un trabajo de varios años los cuales vieron reflejados en el establecimiento de las escalas, desde su germinación en semilla (estadio00), hasta la cosecha del fruto (estadio89). A continuación, se describirán los estadios de la escala BBCH de cacao.

**Tabla 1**

*Etapa de crecimiento 1: desarrollo de la hoja en el brote principal de la planta joven y en las ramas de los abanicos.*

Código		Descripción
Dos dígitos	Tres dígitos	
10	100	Cotiledón completamente desplegado Estípulas que rodean la yema terminal en el brote principal o ramas de los abanicos separadas y la yema se hincha
11	110	Hoja que se despliega en el primer color. Las hojas son de color verde pálido o rojo
	111	La expansión de la hoja es 10% del tamaño final
	112	La expansión de la hoja es 20% del tamaño final
	115	La expansión de la hoja es 50% del tamaño final
	119	Primer crecimiento al ras completo. Las hojas son verde oscuro con área máxima
12	120	Hoja que se despliega en el segundo color. Las hojas son de color verde pálido a rojo
	121	La expansión de la hoja es 10% del tamaño final
	122	La expansión de la hoja es 20% del tamaño final
	125	La expansión de la hoja es 50% del tamaño final
	129	Segundo crecimiento al ras completo
19	190	Nueve o más rubores completamente maduros

Tomado de: (Niemenak, Cilas, Rohsius, Bleiholder, & Lieberei, 2009)

**Tabla 2**

*Etapa de crecimiento 2: alargamiento del tallo principal, formación de horqueta de ramas de abanico y chupón.*

Código		Descripción
Dos dígitos	Tres dígitos	
20	200	El brote derivado de las plántulas muestra un 10% de crecimiento
	202	Dispara con un 20% de crecimiento
	203	Dispara con un 30% de crecimiento
	205	Dispara con un 50% de crecimiento
	209	El brote alcanza su madurez fisiológica y se detiene el crecimiento de su meristema apical
21	210	Formación de la primera horqueta y posteriormente del primer chupón
	211	El primer chupón aparece debajo de la primera horqueta con un 10% de crecimiento
	212	Primer chupón con un crecimiento del 20% Primer chupón con un crecimiento del 50%

	215	El primer chupón alcanza su madurez fisiológica y se detiene el crecimiento de su meristemo apical
	219	Formación de la segunda horqueta y posteriormente del segundo chupón
22	220	El segundo chupón aparece debajo de la primera horqueta con un 10% de crecimiento
	221	Segundo chupón con un crecimiento del 20%
	222	Segundo chupón con un crecimiento del 50%
	223	El segundo chupón alcanza su madurez fisiológica y se detiene el crecimiento de su meristemo apical
	229	Formación de la tercera horqueta y posteriormente del tercer chupón
23	230	El tercer chupón aparece debajo de la tercera horqueta con un 10% de crecimiento
	231	Tercer chupón con un crecimiento del 20%
	232	Tercer chupón con un crecimiento del 50%
	233	El tercer chupón alcanza su madurez fisiológica y se detiene el crecimiento de su meristema apical
	239	Formación de novena o más horqueta y, posteriormente, noveno o más chupón
29	290	Novena o más chupón aparece debajo de la novena horqueta con un 10% de crecimiento
	291	Noveno o más chupones con un crecimiento del 20%
	292	Noveno o más chupones con un crecimiento del 30%
	293	Noveno o más chupones con un crecimiento del 50%
	295	El último chupón alcanza su madurez fisiológica y se detiene el crecimiento de su meristemo apical
	299	El brote derivado de las plántulas muestra un 10% de crecimiento

Tomado de: (Niemenak, Cilas, Rohsius, Bleiholder, & Lieberei, 2009)

### Tabla 3

Etapas de crecimiento 3: elongación de la rama del ventilador

Código		Descripción
Dos dígitos	Tres dígitos	
31	301	Horqueta de ramas primarias del ventilador visibles
32	302	Rama de ventilador primario con 20 ramas secundarias de ventilador
35	305	Rama de ventilador primario con 50 ramas secundarias de ventilador
39	309	Rama de ventilador primario con 90 o más ramas secundarias de ventilador

Tomado de: (Niemenak, Cilas, Rohsius, Bleiholder, & Lieberei, 2009)

### **2.3.6. Variables fisiológicas**

Una variable fisiológica son todos aquellos parámetros que pueden ser medidos y que permiten regular el buen funcionamiento biológico de un ser vivo (Murillo, 2018).

La finalidad de medir variables fisiológicas está dada por argumentar y dar soporte a cada una de las características que se trabajaron, por lo cual, se tuvieron en cuenta las siguientes variables fisiológicas: área foliar, grosor del tallo a 15cm de altura tomada desde la base del tallo, número de hojas, número de ramas, altura de la planta, largo, ancho y relación largo por ancho de la hoja.

### **2.3.7. Características del material vegetal de cacao**

#### ***2.3.7.1 Clon CCN 51***



*Figura 2.* Clon CCN 51 (ANECACAO, 2015)

Es un clon universal, de origen ecuatoriano, seleccionado por Homero Castro en 1960, con pedigrí ICS 95 x IMC 67. Tiene un rendimiento por Hectárea al año de 1441 kilogramos, su índice de mazorca es 15; índice de grano 1,6; es un material autocompatible. Es moderadamente resistente a moniliasis. Posee frutos de las siguientes características: color inmaduro rojo intermedio, color maduro rojo naranja, forma del fruto es oblongo, forma del ápice obtuso, rugosidad intermedia. Sus hojas son de forma ovada, forma del ápice acuminado corto, forma de la base obtuso y color del brote terminal rojo intermedio. En cuanto a la flor, su color es rosado,

antocianina en sépalos intensa, color del pedúnculo rojizo. El perfil sensorial es un licor con suave aroma a cacao y ácido. Color café medio, sabor a frutos maduros, en el medio tiempo afloran notas de chocolate, acidez media sostenida y se encontraron notas bajas de nuez (Fedecacao, 2016).

### 2.7.7.2 Clon TCS 01



Figura 3. Clon TCS 01 (Acusemillas, 2017)

Clon de tipo genético híbrido, procedente de mezclas de cacao trinitario con un crecimiento erecto, baja altura (3,18 m), que requiere de una poda de formación en sus primeros años, práctica que facilita las tareas de campo. Este clon manifiesta presencia de pubescencias en brotes terminales, característica propia de los genotipos de cacao de alta calidad como los criollos. En cuanto a la reacción a enfermedades y plagas, la incidencia de *Monilia* durante el estudio realizado en el Centro de Investigación La Suiza, ubicada en el municipio de Rionegro Santander, que consistía en cuantificar el daño causado por moliniasis, el resultado fue del 17,3% de daño en un cultivar de 5 años de edad y no se observó la presencia de otras enfermedades. El origen del clon es Corpoica Centro de Investigación La Suiza, Rionegro, Santander (CORPOICA, 2012).

Dentro de las ventajas comparativas se encuentran: Producción a los 20 meses de establecido. Mientras que otras variedades comerciales tienen su producción a los 24 meses. Excelente Índice de semilla (IS) es alto 3,0 gr por grano seco, mientras que el promedio de otras variedades como el ICS 95, EET 8, SCC 61, es de 1,7 gr. Excelente Índice de Mazorca (IM): 9 mazorcas/kilo de cacao seco. Respecto a otras variedades como el ICS 95, EET 8, SCC 61, en la que el índice de mazorca en promedio es de 14 mazorcas/kilo de cacao seco (CORPOICA, 2012).

Buen número de semillas por mazorca: 38 en promedio, frente a otras variedades de cacao que producen 40. Rendimiento experimental a cuatro años de establecido: 3,3 Kg/árbol/año, frente a otras variedades como el ICS 95, EET 8, SCC 61, que con los mismos años rinden en promedio 1,6 Kg/árbol/año (CORPOICA, 2012).

#### ***5.7.7.3 Clon FEAR 5***



*Figura 4. Clon FEAR 5 (Canal1.com, 2017)*

El clon FEAR 5 (Fedecacao Arauquita 5). Tiene su origen en Arauquita, Arauca, Colombia, desarrollado en la finca Santa Elena del mismo municipio citado. Desarrollado por Fedecacao, en el año 2002. Planta vigorosa, respuesta de susceptibilidad moderada a moniliasis. Cuenta con una producción de 1.689 kg/ha/año. Índice de Mazorca: 17. Índice de Grano: 1,6 g/grano. Frutos por

árbol al año: 33; número de semillas por mazorca: 43,4. Es un material autocompatible, color de semillas: violeta. Pedigrí: híbrido trinitario (Colombia Diversa, 2016).

Color del fruto inmaduro: Rojo intermedio; color del fruto maduro: rojo intenso; constricción basal del fruto: intermedia; grosor del lomo: 14,4mm.; forma del fruto: oblongo; rugosidad del fruto: intermedia; forma de la semilla: oblonga y color predominante de la semilla: violeta (Fedecacao, 2016).

El perfil sensorial de FEAR 5 es: licor con intensidad media de sabor a cacao, delicadas notas afrutadas cítricas, nuez y florales de hierbas aromáticas, que van emergiendo y hacia el final se suavizan (Fedecacao, 2016)

#### ***5.7.7.4 Clon FSV 41***



*Figura 5. Clon FSV 41 (FEDECACAO, 2012)*

El clon FSV 41 (Fedecacao San Vicente 41) tiene su origen en la finca Villa Mónica de San Vicente de Chucurí, Santander, Colombia. Es un árbol de vigor intermedio, de alto rendimiento y susceptible a monilia. Cuenta con una producción de 1.993 kg/ha/año. Índice de mazorca: 13, índice de grano: 2,1 g/grano. Es un material autocompatible, color de las semillas violeta y blanco. Pedigrí: híbrido trinitario (Colombia Diversa, 2016).

Frutos por año por árbol: 24; número de semillas por fruto: 39,2. Color del fruto inmaduro: rojo intenso; color del fruto maduro: rojo naranja; constricción basal del fruto: pronunciada; grosor del lomo: 12,61mm.; forma del fruto: oblongo; rugosidad del fruto: intensa; forma de la semilla: irregular y color predominante de la semilla: violeta (Fedecacao, 2016).

El perfil sensorial del clon FSV 41 es: color café claro característico del cacao tipo acriollado, intensidad media de cacao, con tonos avinado, afrutado y nuez, agradable con sabor dulce/caramelo suave (Fedecacao, 2016).

#### **2.4. Marco legal**

El desarrollo de la cacaocultura colombiana está enmarcado dentro de las políticas de sectoriales del Gobierno Nacional y además es regulado por la normatividad, que parte desde la constitución política del país que establece las normas generales, hasta llegar a las resoluciones y decretos que son más específicos. Además, existe una normatividad ambiental, la cual afecta o puede llegar a afectar de manera directa o indirecta al subsector (Rojas & Sacristán, 2013).

Ley 430 de 1998. Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones (Avance jurídico, 2018).

Artículo 2o. principios. Con el objeto de establecer el alcance y contenido de la presente ley se deben observar los siguientes principios (Avance jurídico, 2018):

1. Minimizar la generación de residuos peligrosos, evitando que se produzcan o reduciendo sus características de peligrosidad (Avance jurídico, 2018).

El reglamento estudiantil de la Universidad de Pamplona, tiene consignado en el capítulo VI, trata del trabajo de grado, anotado a continuación en los artículos siguientes:

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.

Artículo 36.- Modalidades de Trabajo de Grado: El Trabajo de Grado, puede desarrollarse en las siguientes modalidades: a. Investigación: comprende diseños y ejecución de proyectos que busquen aportar soluciones nuevas a problemas teóricos o prácticos, adecuar y apropiar tecnologías y validar conocimientos producidos en otros contextos. Para los estudiantes que se acojan a esta modalidad, deberá presentar al Director de Departamento el anteproyecto que debe contener: propuesta para la participación en una línea de investigación reconocida por la Universidad, tutor responsable del Trabajo de Grado y cronograma, previo estudio y aprobación de la misma, del respectivo Grupo de Investigación.

## Capítulo 3

### 3. Metodología

#### 3.1. Diseño metodológico

Se realizó una investigación del tipo descriptiva con variables cuantitativas, que describieron el comportamiento agronómico de cuatro clones de cacao en la zona marginal del municipio de Cáchira, Norte de Santander, a una altura de 1.165 metros sobre el nivel del mar, con características de montaña santandereana (MS) y temperatura promedio de 25°C (IDEAM, 2014).

#### 3.2. Diseño de la investigación

Se estableció un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro (4) tratamientos y cuatro (4) repeticiones con 10 unidades experimentales cada uno. Se marcaron cuatro árboles por cada tratamiento para medir variables de tipo vegetativo utilizando un modelo de medidas repetidas con muestreos no destructivos que se realizó una vez por semana.

#### 3.3. Hipótesis

$H_0$ = El comportamiento de los clones no depende de la zona marginal de producción en la que se encuentren.

$H_a$ =El comportamiento de los clones depende de la zona marginal de producción en la que se encuentren.

#### 3.4. Descripción del sistema de variables

Las variables que se trabajaron en el proyecto son morfofisiológicas, las cuales son:

Área foliar: donde se realizó mediante la fotografía de las hojas en un acrílico color azul y a una distancia de 30 cm, con ayuda de un soporte manual para que la medida sea igual en todas las fotografías de las hojas y en general en todo el proceso, se tomó la medida del largo de la hoja y se halló el área mediante el programa Imagej®. La parte del árbol a tener en cuenta es en el tercio medio, de donde se observarán y estudiarán las hojas.

Grosor del tallo: esta medida se tomó con un calibrador tipo pie de rey manual, a 15 centímetros de altura, desde la base del tallo y la medida desde la base del tallo hasta los 15 centímetros de altura se tomarán con flexómetro.

Número de hojas: se realizó haciendo el conteo de todas las hojas de la planta, de forma visual y cuyo requisito es que ya estén formadas en un 100%.

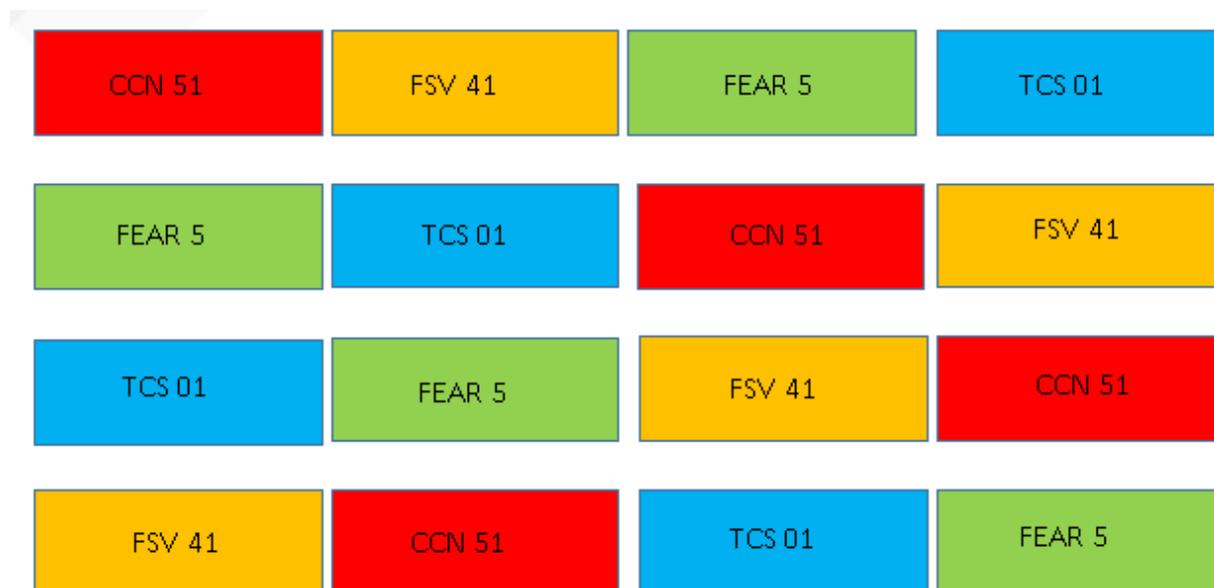
Largo y ancho de la hoja: se realizó con una regla calibrada en centímetros y se tomó como base una lámina de vidrio de 20cm x 20cm para que sea más precisa la medición.

Número de ramas: Se hizo el conteo mediante observación una por una y fue válida como rama verdadera a partir de los 3 centímetros de largo.

### **3.5. Diseño de la investigación**

Se dispuso de un terreno, de topografía pendiente, suave y uniforme, donde se hizo la respectiva labranza para la adecuación de la parcela de cacao. Posteriormente se tomó la muestra para el análisis físico-químico de suelo y se tuvieron en cuenta los resultados para la asignación de una fertilización integral, que involucre fertilización edáfica y foliar, al igual que la aplicación de enmiendas. El manejo agronómico fue igual para todos los lotes. De acuerdo a las características del terreno, el diseño de la parcela fue rectangular, dirigida más hacia lo ancho que hacia lo largo, es decir, los surcos quedaron de veinte (20) plantas, con ocho (8) surcos; la parcela está

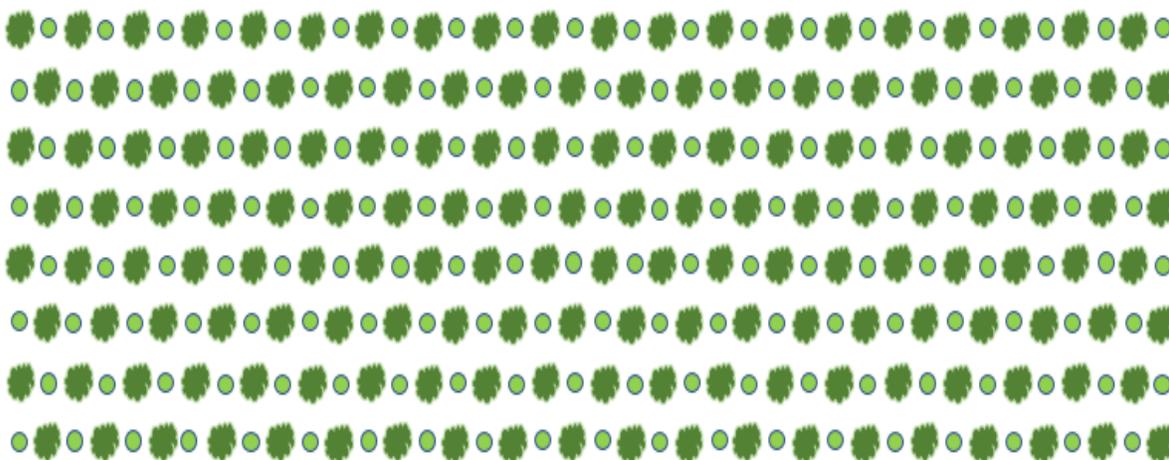
dividida en cuatro lotes, donde en cada lote están los cuatro clones, repartidos completamente al azar en su orden de siembra. La unidad experimental corresponde a una planta.



*Figura 6.* Diseño experimental en bloques al azar (Archivo propio, 2018).

En número, en la parcela hay 160 plantas en total, repartidas en cuatro lotes de 40 plantas, donde cada lote hay 10 plantas de cada material clonal de cacao. Están en distancias de siembra en cada lote de 3m x3m bajo sistema de siembra tresbolillo. Cada lote está separado a una distancia de 4m por la calle, para facilitar las labores de distinción entre un lote y otro; tiene un sombrío transitorio de Plátano *Musa x paradisiaca* e higuera *Ricinus communis* con distancias de siembra de 3m x 3m, y un sombrío permanente de Guamo *Inga edulis* a distancias de siembra de 12m x 12m. La toma de datos se hizo una vez por semana, teniendo en cuenta que, para empezar, se tuvo en cuenta que los materiales clonales estuvieron en un estadio 10 de la escala BBCH de más del 50%.

La toma de datos se dio entre las 10am y 12m, a 10 plantas por lote. El tipo de diseño se denomina por bloques totalmente al azar, con cuatro repeticiones y para ello, los datos fueron consignados en campo en una libreta especial para ello, con formato para cada toma de variable.



*Figura 7.* Diseño de la plantación en sitio definitivo. El punto verde indica las plantas de plátano, y la forma anubada de color verde indica las plantas de Cacao.

## Capítulo 4

### 4. Resultados y análisis

#### 4.1. Evaluación y análisis de resultados

El estudio estadístico se realizó aplicando un análisis de varianza (ANOVA), y una prueba de rangos múltiples de Duncan, a un nivel de significancia del 5% o un P valor de 0,05 para comparar el efecto del material vegetativo en las variables de crecimiento y para evaluar la relación entre las variables de crecimiento se aplicó un análisis de correlación de Pearson a todas las variables, utilizando el paquete estadístico SPSS® Versión 23.

##### **4.1.1 Evolución de las variables crecimiento vegetativo en los clones; FEAR 5, FSV 41, CCN 51 Y TCS 01 desde el estadio 10 hasta el estadio 30.**

Para establecer las diferencias significativas de las variables de crecimiento vegetativo con respecto a los cuatro clones evaluados se realizó un ANOVA (Tabla 4) que dio como resultado que la altura de las plantas así mismo, el número de hojas, número de ramas, grosor del tallo, área foliar, largo de la hoja, ancho de la hoja y el largo x ancho, difieren significativamente al encontrarnos con un P valor 0,000 siendo este menor a 0,05, aprobando la hipótesis alternativa que plantea que el comportamiento de los clones depende de la zona marginal de producción en la que se encuentren.

**Tabla 4**

*Análisis de varianza de un factor aplicado a las variables de crecimiento vegetativo.*

## ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Altura de la planta	Entre grupos	18748,081	3	6249,360	59,728	,000
	Dentro de grupos	125241,869	1197	104,630		
Número de hojas	Entre grupos	2303,007	3	767,669	10,700	,000
	Dentro de grupos	85880,923	1197	71,747		
	Total	88183,930	1200			
Número de Ramas	Entre grupos	82,107	3	27,369	13,577	,000
	Dentro de grupos	2412,899	1197	2,016		
Grosor del tallo	Entre grupos	1,672	3	,557	17,111	,000
	Dentro de grupos	38,979	1197	,033		
Área foliar	Entre grupos	1145821,726	3	381940,575	162,358	,000
	Dentro de grupos	3001742,098	1276	2352,462		
Largo	Entre grupos	6055,310	3	2018,437	130,735	,000
	Dentro de grupos	19700,290	1276	15,439		
Ancho	Entre grupos	1287,054	3	429,018	161,997	,000
	Dentro de grupos	3379,234	1276	2,648		
Largo x ancho	Entre grupos	2595649,654	3	865216,551	161,203	,000
	Dentro de grupos	6848589,532	1276	5367,233		

#### ***6.6.1.1 Prueba de rangos múltiples de Duncan aplicada a la altura de la planta.***

La altura del árbol de cacao registrada durante los 120 días mostró diferencias estadísticamente significativas, para los clones FSV 41 con una media de 33,9292 y FEAR 5 con una media de 43,6178, (Tabla 5) siendo este último el material que presentó mayor altura, por lo tanto, su adaptabilidad a la zona marginal de producción es alta.

El alargamiento del tallo es un fenómeno complejo muy influenciado por factores ambientales y controlado por fitohormonas (Bidwell, 1993).

Un patrón de medición del crecimiento vegetal es la altura de la planta, es muy importante ya que va influenciada por el aumento en número, tamaño y volumen de células; a su vez relacionado con la dinámica agua, nutrientes y luz sin dejar a un lado la genética del clon donde muestra su plasticidad a la adaptabilidad en zonas donde se estudian. En el proyecto resaltó el clon FEAR 5 debido a que su altura fue superior a los otros tres clones, los cuales todos tuvieron un tratamiento igual, dejando ver su flexibilidad en otros entornos aparte del Bosque Húmedo Tropical (BHT) e integrándolo a la Montaña Santandereana (MS). El clon TCS 01 obtuvo una importancia significativa en el desarrollo del proyecto, siendo un material vegetal de una región cercana, más no de la zona agroecológica en donde se trabajó.

El clon FSV 41 con características de montaña santandereana (MS), presentó el menor tamaño promedio de los clones estudiados y al ser un clon perteneciente a dicha zona agroecológica no obtuvo un buen resultado, esto debido a algún otro componente para el buen desarrollo del clon, los cuales pudieron haber sido mayor porcentaje de sombra, fertilización más puntual, mayor requerimiento hídrico o un mejor control de arvenses dentro de las parcelas.

Por último, el clon CCN 51 estuvo dentro de los rangos bajos de los promedios de la altura de la planta en los cuatro clones trabajados, con muy poca diferencia en comparación con el clon FSV 41, teniendo en cuenta que el primer clon mencionado (CCN 51) tuvo un promedio de 34,1663 cm y el clon FSV 41 tuvo un promedio de 33,9292. El clon CCN 51 al ser un material vegetal universal, resistente a alta radiación solar, pudo tener también una carencia de algún requerimiento como pudo ser fertilización, o un déficit hídrico.

## **Tabla 5**

*Prueba de rangos múltiples Duncan a la altura de la planta, número de hojas, número de ramas y grosor del tallo en los 120 días de evaluación.*

<b>Altura de la planta</b>				
Duncan <sup>a,b</sup>				
CLON	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
FSV-41	298	33,9292		
CCN-51	315	34,1663		
TCS-01	284		38,0275	
FEAR-5	304			43,6178
Sig.		0,777	1	1
<b>Número de hojas</b>				
Duncan <sup>a</sup>				
CLON	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
FSV-41	298	12,44		
CCN-51	315		15,3	
FEAR-5	304		15,73	
TCS-01	284		15,83	
Sig.		1	0,469	
<b>Número de Ramas</b>				
Duncan <sup>a</sup>				
CLON	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
FSV-41	298	1,82		
TCS-01	284		2,24	
FEAR-5	304		2,38	2,38
CCN-51	315			2,51
Sig.		1	0,232	0,264
<b>Grosor del tallo</b>				
Duncan <sup>a,b</sup>				
CLON	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
FSV-41	298	0,54		
CCN-51	315	0,55		

FEAR-5	304		0,6	
TCS-01	284			0,63
Sig.		0,38	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 299,830.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

### ***6.6.1.2 Prueba de rangos múltiples de Duncan aplicada al número de hojas.***

El número de hojas por árbol registrada durante los 120 días mostró diferencias estadísticamente significativas, para el clon FSV 41 con una media de 12,44 siendo esta la más baja de todas, mientras que los clones CCN 51, FEAR 5, TCS 01 poseen medias similares, agrupándose en el subconjunto 2, y diferenciándose significativamente de FSV 41 (tabla 6).

Las hojas son fundamentales en los árboles de cacao porque son la fábrica de los procesos más importantes para la planta: respiración, transpiración y fotosíntesis.

Es importante tener un número significativo de hojas porque en los árboles de cacao porque hay más captación de luz y de gases: dióxido de Carbono para la fotosíntesis y oxígeno para la respiración; si hay más fotosíntesis, la planta tendrá más nutrientes para su crecimiento, lo cual es de vital importancia para los primeros meses de desarrollo de las plantas de Cacao.

Las hojas pueden estar muy influenciadas en su desarrollo por factores ambientales como luz, contenido de dióxido de carbono, disponibilidad de agua, sumersión, edad de la planta, etc. (Escaso, Martínez, & Planelló, 2010)

### ***6.6.1.3 Prueba de rangos múltiples de Duncan aplicada al número de ramas.***

El número de ramas por árbol registrada durante los 120 días mostro diferencias estadísticamente significativas, para el clon FSV 41 con una media de 1,82 siendo esta la más

baja de todas, mientras que el clon CCN 51 desarrollo un mayor número de ramas con una media de 2,5, (Tabla 7) indicando que este clon difiere de FEAR 5, TSC 01 Y FSV 41.

Las ramas en el cultivar de cacao pueden clasificarse principalmente en: tronco, horquetas, ramas secundarias y chupones; cada una de estas con una función común de transportar los nutrientes desde la raíz hasta las hojas y una vez está la savia elaborada o nutrimentos especializados también se transportan hacia todas las partes del árbol donde las ramas también son protagonistas de esta labor. Las ramas estudiadas tienen una particularidad que se pudo observar en el desarrollo del proyecto y que hay una diferencia entre el crecimiento y desarrollo de un Cacao híbrido y un Cacao injerto. El cacao híbrido comienza su etapa de desarrollo cuando está su tronco definido y llega a un punto donde en su meristemo apical detiene el crecimiento de un tallo para dar origen a una horqueta o verticilio, que en su conjunto pueden ser entre 3 hasta 6 ramas definidas, en cambio, en un material vegetal injerto se pueden tener varios casos en los que el tallo da origen a otras ramas que se desarrollan en los puntos de crecimiento axilar o en los puntos de crecimiento apical.

#### ***6.6.1.4 Prueba de rangos múltiples de Duncan aplicada al grosor de tallo.***

El grosor de tallo de los arboles registrado durante los 120 días mostró diferencias estadísticamente significativas, para el clon FSV 41 con una media de 0,54 siendo esta la más baja de todas, mientras que el clon TCS 01 mostró una media más alta con 0,64, y formando el subconjunto 3, (Tabla 8) indicando que este clon difiere de los demás tratamientos.

El crecimiento secundario del tallo leñoso es en anchura y se produce a través del cambium vascular, que añade nuevo xilema y floema, y del cambium del corcho, que produce nuevas capas de protección exterior (Escaso, Martínez, & Planelló, 2010)

Complementando la importancia que tienen los tallos en un árbol de Cacao, una característica importante en los tallos es su grosor, ya que es un indicador de la disponibilidad de agua, nutrientes y radiación solar porque si hay turgencia hídrica y transpiración, la capacidad de la planta para desarrollar más sistema vascular es mayor y esto es una ventaja para el crecimiento de la planta en todo su conjunto.

En la evaluación del grosor de tallo tuvo un mayor grosor que los demás el clon TCS 01, no teniendo una amplia diferencia con el clon FEAR 5, que fue de 0,03cm, pero con los otros dos clones CCN 51 y FSV 41 fueron diferencias de 0,08 y 0,09 que, aunque parezcan mínimas, en ese diámetro caben miles de haces vasculares tanto de xilema como de floema.

Los tallos tienen la función de determinar el dosel de las hojas en las tres dimensiones del espacio así como proporcionar las conexiones vasculares entre las raíces y las hojas que permiten el transporte de agua y sales desde el suelo a las hojas y la distribución de los azúcares sintetizados en las hojas hacia los tejidos no fotosintéticos, las regiones de almacenaje o las zonas de crecimiento rápido que necesitan esa energía (Escaso, Martínez, & Planelló, 2010).

#### ***6.6.1.5 Prueba de rangos múltiples de Duncan aplicada al área foliar.***

El área foliar presentada durante los 120 días mostro diferencias estadísticamente significativas, para el clon FSV 41 con una media de 112,12750 siendo esta la más baja de todas, mientras que el clon TCS 01 mostró una media más alta con 187,08575 y formando el subconjunto 3 (tabla 9), indicando que este clon difiere de los demás tratamientos.

El área foliar puede definirse como la cantidad de superficie de hoja que posee una planta. Es importante el área foliar en los árboles de Cacao porque permite determinar la eficiencia fotosintética que la planta posee y la estimación del crecimiento celular. Es por esto que el área

foliar (ÁF) es una herramienta importante en el cultivar de cacao, debido a que define la capacidad de la cubierta vegetal para interceptar la radiación fotosintéticamente activa (RFA), la cual es fuente primaria de energía utilizada por las plantas para la fabricación de tejidos y elaboración de compuestos alimenticios (Warnock, 2006).

El clon TCS 01 que obtuvo la media más alta, se pudo apreciar que posee una diferencia significativa con el clon CCN 51 de  $33,55925\text{cm}^2$ , y una diferencia con los clones FEAR 5 y FSV 41 de  $68,028\text{cm}^2$  y  $74,95825\text{cm}^2$ , lo que indica que el tamaño de las hojas de los dos últimos clones mencionados es relativamente minúscula en comparación del tamaño de las hojas del clon TCS 01, la cual el tamaño de la hoja es una característica visible del clon.

#### ***6.6.1.6 Prueba de rangos múltiples de Duncan aplicada al largo de la hoja.***

El largo de las hojas presentado durante los 120 días mostro diferencias estadísticamente significativas, para el clon FEAR 5 con una media de 20,6445 al igual que el clon FSV 41 con una media de 20,65 y compartiendo el subconjunto 1, indicando que entre estos clones no hay diferencia estadística, pero aun así son las más bajas. Sin embargo, el clon TCS 01 mostró una media más alta con 25,9175 y formando el subconjunto 3 (Tabla 10), indicando que este clon difiere de los demás tratamientos. El clon CCN 51 formó el subconjunto 2 con una media de 23,1325, otorgando una posición media en los cuatro clones.

Generalmente la forma de las hojas de Cacao es aovada y lanceolada. En el caso de los clones que se trabajaron en el proyecto de grado, todos los materiales fueron de hojas de forma ovalada, donde el largo juega un papel importante en la capacidad de retención de radiación fotosintéticamente activa (RFA), por su posición en las necesidades de luz.

**Tabla 6**

*Prueba de rangos múltiples Duncan al área foliar, largo, ancho y largo x ancho en los 120 días de evaluación.*

Área foliar					
Duncan <sup>a</sup>					
CLON	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
FSV-41	320	112,1275			
FEAR-5	320	119,05775			
CCN-51	320		153,5265		
TCS-01	320			187,08575	
Sig.		0,071	1	1	
Largo					
Duncan <sup>a</sup>					
CLON	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
FEAR-5	320	20,6425			
FSV-41	320	20,65			
CCN-51	320		23,1325		
TCS-01	320			25,9175	
Sig.		0,981	1	1	
Ancho					
Duncan <sup>a</sup>					
CLON	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
FEAR-5	320	7,45			
FSV-41	320		7,8825		
CCN-51	320			8,6375	
TCS-01	320				10,0875
Sig.		1	1	1	1
Largo x ancho					
Duncan <sup>a</sup>					
CLON	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
FEAR-5	320	157,3915			
FSV-41	320	164,2959			

CCN-51	320		209,3805		
TCS-01	320			270,2394	
Sig.		0,233	1		1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 320,000.

#### **6.6.1.7 Prueba de rangos múltiples de Duncan aplicada al ancho de la hoja.**

El ancho de las hojas presentado durante los 120 días mostró diferencias estadísticamente significativas, para el clon FEAR-5 con una media de 7,45. Sin embargo, el clon TCS-01 mostró una media más alta con 10,0875 formando el subconjunto 4 (Tabla 11), indicando que este clon difiere de los demás tratamientos.

El ancho de la hoja es importante definirlo en los árboles de cacao, ya que influye en la formación de los fotoasimilados, la disposición de RFA, y la cantidad de estomas en el envés y el haz de la hoja.

#### **6.6.1.8 Prueba de rangos múltiples de Duncan aplicada al largo por el ancho de la hoja.**

El largo por el ancho de las hojas presentado durante los 120 días mostró diferencias estadísticamente significativas, para el clon FEAR 5 y FSV 41, con medias de 157,3915 y 164,2959 respectivamente formando el subconjunto 1 que indica que estos clones no varían entre sí, pero si con los otros. Sin embargo, el clon TCS 01 mostró una media más alta con 270,2394 formando el subconjunto 3 (Tabla 12), indicando que este clon difiere de los demás tratamientos.

Es de estudio la relación largo por ancho de los clones trabajados durante el proyecto, porque las diferencias son representativas, analizándolas de la siguiente manera: el clon TCS 01 formó el subconjunto 3, teniendo una diferencia de 60,8589 con el clon CCN 51 que está en el

subconjunto 2; y los clones que conforman el subconjunto 1 están FSV 41 y FEAR 5 donde difieren en 105,9435 y 112,8479 respectivamente con el clon TCS 01, lo que indica que muestra que las diferencias de los clones FEAR 5, FSV 41 y CCN 51 con el clon TCS 01 son amplias, dando una relevancia a la variable debido a que es una de las más importantes para el crecimiento y desarrollo de la planta.

La relación del largo por ancho es muy importante en las plantas y en este caso en los árboles de cacao porque definen en gran medida la forma de las hojas, y teniendo en cuenta la relación, puede influir en la cantidad de recepción de radiación solar, para los procesos de fotosíntesis (Bidwell, 1993).

#### **4.1.2. Evaluación de la relación entre las variables de crecimiento.**

La evaluación de la relación se determinó mediante la correlación de Pearson (Tabla 13) encontrando que la altura de la planta presenta una moderada correlación con un valor de 0,566 con el número de hojas, sin embargo, la correlación con el número de ramas es escasa (0,289). Ahora bien, la relación que existe entre la altura y el grosor del tallo es buena (0,687), no obstante, las variables como área foliar, largo de la hoja y ancho de la hoja, presentan valores negativos, lo que indica que la correlación es inversa, pero ínfima, pues sus valores son de -0,032, -0,047, -0,064 respectivamente.

El número de hojas presentó buena correlación con el número de ramas (0,799) esto se debe a la buena distribución foliar en la planta, la posición de las hojas para captación de radiación fotosintéticamente activa y la intimidad de las ramas con las hojas, es decir, entre más ramas es mayor la formación de hojas que van en cada rama. Mientras tanto la correlación del número de ramas con el grosor del tallo es moderada (0,519), sin embargo, la relación con las variables área

foliar, largo y ancho es inversa, pero ínfima pues sus valores son -0,011, -0,049, -0,081 respectivamente.

El número de ramas presentó una correlación escasa con respecto a la variable grosor del tallo (0,325), con las variables área foliar y largo de la hoja la correlación es ínfima (0,44 y 0,001), mientras que con el ancho la correlación es inversa, pero a su vez ínfima.

El grosor del tallo mostró correlación ínfima con las variables área foliar, largo y ancho pues sus valores son menores a 0,026.

El área foliar presenta muy buena correlación con el largo y el ancho de las hojas (0,969 y 0,905) (Tabla 14).

El área foliar tiene una íntima relación con el largo y ancho de la hoja, debido a que entre mayor sea el largo y el ancho, es mayor su área foliar, lo cual da como resultado mayor superficie donde se realizan algunos de los principales procesos metabólicos de la planta, los cuales son fotosíntesis, transpiración y respiración. Por tanto, con una mayor área foliar es mayor el desarrollo de la planta.

### **Tabla 76**

*Índices de R y Rho con su respectiva interpretación.*

0,00 – 0,20	Ínfima correlación
0,20 – 0,40	Escasa correlación
0,40 – 0,60	Moderada correlación
0,60 – 0,80	Buena correlación
0,80 – 1,00	Muy buena correlación

**Fuente:** Sociología y Estadísticas (Sánchez, 2015).

**Tabla 87**

*Correlación de Pearson, aplicada a las variables de crecimiento evaluadas.*

	Altura de la planta	Número de hojas	Número de Ramas	Grosor del tallo	Área foliar	Largo	Ancho	Largo x ancho
Altura de la planta	--	,566**	,289**	,687**	-,032	-,047	-,064*	-,059*
Número de hojas		--	,799**	,519**	-,011	-,049	-,081**	-,064*
Número de Ramas			--	,325**	,044	,001	-,042	-,013
Grosor del tallo				--	,026	,017	,017	,011
Área foliar					--	,969**	,905**	,954**
Largo						--	,937**	,974**
Ancho							--	,982**
Largo x ancho								--

\*\*La correlación es significativa en el nivel 0,01

\*La correlación es significativa en el nivel 0,05

#### **4.1.3. Evolución de las plantas mediante observación en 120 días del desarrollo del proyecto en los clones; FEAR 5, FSV 41, CCN 51 Y TCS 01 desde el estadio 10 hasta el estadio 30.**

A continuación, en la tabla 15 se realiza un modelo de escala BBCH desde el estadio 10 hasta el estadio 30 con los clones estudiados TCS 01, CCN 51, FSV 41 y FEAR 5, donde se relaciona la etapa fenológica con los días de duración de cada clon, además de especificar en la descripción la característica principal de cada estadio.

**Tabla 9**

*Escala BBCH desde el estadio 10 hasta el estadio 30 en relación tiempo-observación de características morfofisiológicas de los clones CCN 51, TCS 01, FEAR 5 y FSV 41.*

Código		Descripción	CCN 51	TCS 01	FEAR 5	FSV 41
Dos dígitos	Tres dígitos					
	129	Segundo crecimiento al ras completo	0	0	0	0
19	190	Nueve o más hojas completamente maduras	38	41	36	45

Código

Dos dígitos	Tres dígitos	Descripción				
20	200	El brote derivado de las plántulas muestra un 10% de crecimiento	44	47	42	52
	202	Aumenta un 20% de crecimiento	50	53	48	58
	203	Aumenta un 30% de crecimiento	56	59	54	64
	205	Aumenta un 50% de crecimiento	67	68	65	76
	209	El brote alcanza su madurez fisiológica y se detiene el crecimiento de su meristema apical	69	70	67	78
21	210	Continuación del crecimiento del meristema apical y posteriormente la primera rama (en algunas plantas)	72	73	70	81
	211	Tallo principal con un 10% de crecimiento	75	76	73	84
	212	Tallo principal con un crecimiento del 20%	78	80	75	85
<b>Código</b>						
Dos dígitos	Tres dígitos	Descripción	CCN 51	TCS 01	FEAR 5	FSV 41
	219	Engrosamiento del tallo y lignificación (madurez caulinar)	82	83	80	91
23	230	Continuación del crecimiento del meristema apical y posteriormente la primera rama (en algunas plantas)	96	94	92	101
	231	Tallo principal con un crecimiento del 20%	100	98	98	110
	232	Tallo principal con un crecimiento del 50%	108	103	103	115
	233	Tallo principal alcanza su madurez fisiológica y se detiene el crecimiento de su meristema apical	112	108	109	120
	239	Salida de brotes de los meristemas axilares de la parte superior de la planta	112	108	109	120
29	290	Brotes de los meristemas axilares de la parte superior de la planta alcanzan un 10%	115	111	115	125

291	Brotos de los meristemos axilares de la parte superior de la planta alcanzan un 20%	118	114	119	129
292	Brotos de los meristemos axilares de la parte superior de la planta alcanzan un 30%	122	118	124	136
293	Brotos de los meristemos axilares de la parte superior de la planta alcanzan un 50%	134	120	125	140

El cuadro de la evolución de cada clon muestra el número de días (acumulado) de duración de cada estadio de la escala BBCH, además de modificar los estadios de acuerdo al material vegetal estudiado y analizado que en el caso de estudio fueron los clones, los cuales varían en su desarrollo morfológico en comparación con los híbridos. Los cambios están básicamente en que en el híbrido existe una apertura de tallos en forma de verticilos u horquetas partidas desde un mismo punto, en cambio, en los injertos el crecimiento es apical y llega en un punto donde la formación de ramas se da con el desarrollo de las yemas axilares de la parte superior de la planta o en algunos casos en puntos de crecimiento axilares en otros sitios de la planta.

El desarrollo vegetativo está íntimamente relacionado con los factores agua, radiación solar, temperatura y humedad relativa y se observa que en periodos secos el desarrollo vegetativo de las plantas en general tarda más, en cambio cuando las condiciones de clima y las condiciones hídricas están óptimas o adecuadas, las plantas tienen un desarrollo ideal.

Otra característica a tener en cuenta en las plantas de cacao estudiadas es en el crecimiento que se describiría en que se desarrolla a cierto punto, detiene su crecimiento apical, tiene una madurez fisiológica, engruesa su tallo y vuelve a tener un crecimiento apical

## 5. Conclusiones

Al evaluar la adaptación agronómica de los cuatro clones de cacao durante la etapa de establecimiento bajo las condiciones agroecológicas de la zona marginal del municipio de Cáchira, Norte de Santander, se puede concluir que después de la toma de datos, la evaluación y análisis de los mismos mediante pruebas de Duncan y análisis de varianza (ANOVA), además de observaciones y cambios morfológicos en campo se podría decir que el clon que más se adaptó a la zona fue el clon TCS 01, debido a que logró ser superior en la media de variables fisiológicas: grosor de tallo, número de hojas, área foliar, largo, ancho y largo por ancho. Fueron seis de ocho variables que se estudiaron las cuales el clon TCS 01 consiguió la mejor media.

Además, se determinó la escala fenológica BBCH desde el estadio 10 hasta el estadio 30 mediante datos de tiempo y obteniendo las medias aritméticas de cada clon, en cada toma de datos para así encasillar el número de días después de la siembra en sitio definitivo, hasta el último dato obtenido, que fue del clon FSV 41, que más se demoró en alcanzar la escala de los demás clones.

Se compararon además las variables de crecimiento vegetativo de los cuatro clones de cacao donde se pudo establecer un clon que sobresalió entre los demás y que fue TCS 01. Cabe resaltar que los clones CCN 51 y FEAR 5 pueden tenerse en cuenta para la siembra en la zona, pues hasta el estadio 30 cumplieron con algunos parámetros en las medias que los hacen aptos en segunda medida para cultivar en la zona. Por último, el clon FSV 41 fue un clon que en su periodo vegetativo fue comparado con los demás clones estudiados y no obtuvo los mejores resultados, tal vez porque su fisiología no es más precoz que los demás materiales vegetales estudiados.

## 6. Recomendaciones

La adaptabilidad de cuatro clones a la zona agroecológica correspondiente a Cáchira, Norte de Santander es pequeña en comparación con la gran diversidad de clones que hay, es decir, que se pueden hacer trabajos y proyectos de adaptabilidad con otros clones, para evaluar sus resultados.

El éxito y la clave para que sea un proyecto ideal se basa en la obtención de materiales de calidad, ser precisos y oportunos en las medidas y aplicar igualitariamente cada una de los procedimientos de fertilización, control de plagas y enfermedades, control de arvenses entre otros.

Se puede continuar con el proceso de toma de datos de las variables para seguir evaluando la adaptabilidad de los clones, los índices de área foliar, el índice de mazorca, índice de grano, más las variables que se evaluaron en el proyecto para hacer una valoración más completa de qué clon es adaptado en la zona en todos sus aspectos, ya que en el proyecto sólo se tuvo en cuenta una parte del desarrollo vegetativo de la planta.

Se puede tener en cuenta el proyecto para buscar la adaptabilidad de clones de cacao en otras zonas agroecológicas que sean potenciales para dicho cultivo, y tener impactos que promuevan a los agricultores a buscar tipos de agricultura que sean más sostenibles, de un mercado más equilibrado y sólido y donde pueda aprovecharse el terreno que se cultiva.

## 7. Bibliografía

- Alcaldía de CÁCHIRA. (10 de Mayo de 2018). *Alcaldía Municipal de CACHIRÁ en Norte de Santander*. Obtenido de <http://www.cachira-nortedesantander.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- American Psychological Association (APA). (2018). *American Psychological Association (APA)*. Obtenido de <http://www.apa.org/>
- Arboleda, R., & Gonzalez, A. (2010). *Análisis socioeconómico del sector cacaotero colombiano*. Envisado: Escuela de Ingeniería de Antioquia. Obtenido de [https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/1572/7/ArboledaRicardo\\_2010\\_AnalisisSocioeconomicoSector.pdf](https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/1572/7/ArboledaRicardo_2010_AnalisisSocioeconomicoSector.pdf)
- Arosemena, G. (1991). *El fruto de los dioses. El cacao en Ecuador, desde la colonia hasta el ocaso de su industria, 1600-1983*. Ecuador: Graba.
- Avance jurídico. (2018). *Secretaría del senado*. Obtenido de [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0430\\_1998.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0430_1998.html)
- Barrientos, N. (20 de Agosto de 2012). *Monografías*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos91/cacao-venezuela/cacao-venezuela.shtml>
- Ceballos, H. (1998). *Genética cuantitativa y fitomejoramiento*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Colombia Diversa. (26 de Junio de 2016). *Facebook*. Obtenido de [https://es-la.facebook.com/permalink.php?story\\_fbid=211847075881477&id=188421944890657](https://es-la.facebook.com/permalink.php?story_fbid=211847075881477&id=188421944890657)
- CORPOICA. (2012). *Clon de Cacao TCS 01*. Rionegro, Santander, Colombia.
- Eberharth, S., & Russell, W. (1966). Parámetros de estabilidad para la comparación de variedades. *Agrociencia*, 36-40.
- Escobar, R. (2011). Comportamiento de seis clones de “cacao” (*Theobroma cacao* L.) en Guasaganda, provincia de Cotopaxi, Ecuador. *La Granja*, 9-12.
- Espinal, C., Martínez, H., Beltrán, L., & L., O. H. (Diciembre de 2005). *Agrocadenas*. Obtenido de [www.agrocadenas.gov.co](http://www.agrocadenas.gov.co)
- FEDECACAO. (2007). *Guía Técnica para el Cultivo de Cacao*. En J. O. Useche. Bogotá D. C.: LCB Ltda.
- Fedecacao. (2016). *Fichas técnicas de ocho clones regionales de Cacao*. En N. Martínez, *Nuevos clones regionales de cacao* (págs. 35-37, 47-48). Bucaramanga: Fondo Nacional del Cacao.

- Finlay, K., & Wilkinson, G. (1963). El análisis de la adaptación en un programa de fitomejoramiento. Austin.
- Gobernación de Norte de Santander. (2016). *Plan de Desarrollo para Norte de Santander 2016-2019 "Un Norte productivo para todos"*. San José de Cúcuta.
- Hack. (1992). *La escala extendida BBCH, esquema general*. Obtenido de <https://ojs.openagrar.de/index.php/BBCH/article/view/1184/1102>
- Heinrich, G., Francis, C., & Eastin, J. (1983). Stability of grain sorghum yield components across diverse environments. En G. Heinrich, C. Francis, & J. Eastin. CROP SCI.
- IDEAM. (2014). *IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>
- Laing, D. (1978). Adaptabilidad y estabilidad en el comportamiento de plantas de frijol. *Discusión sobre viveros internacionales de rendimiento y adaptación del frijol* (pág. 24). CIAT.
- Manuel Rodríguez Becerra, H. M. (2009). Cambio climático, lo que está en juego. *Foro Nacional Ambiental* (pág. 9). Bogotá: Dupligráficas.
- Mendez, H., Argüello, A., Mantilla, J., Bobrek, J., Castro, H., Pabón, F., . . . Vergel, L. (1997). Análisis de los Sistemas Agropecuarios del Departamento de Norte de Santander. En H. Mendez, A. Argüello, J. Mantilla, J. Bobrek, H. Castro, F. Pabón, . . . L. Vergel, *Análisis de los Sistemas Agropecuarios del Departamento de Norte de Santander* (págs. 18-19). Cúcuta, Norte de Santander: Corpoica.
- Murillo, C. (2018). *Slide Share*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/omarisg/variables-fisiologicas>
- Navarro, M., & Mendoza, I. (2006). *Guía práctica para promotores. Cultivo de cacao en sistemas agroforestales*. El Castiilo, Río San Juan, Nicaragua: PRODESOC.
- Niemenak, M., Cilas, C., Rohsius, C., Bleiholder, H., & Lieberei, R. (2009). Phenological growth stages of cacao plants (*Theobroma* sp.): codification and description according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*.
- Pérez, G. A. (2017). Adaptabilidad de clones promisorios de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.), en el cantón Arosemena Tola de Ecuador. *Centro Agrícola*, 44-51.
- Pinzón, J. O., & Rojas, J. (2008). Botánica del cacao. En J. O. Useche, & J. Rojas Ardila, *Guía técnica para el cultivo del cacao* (pág. 32). Bogotá: FEDECACAO.
- Portal informativo El Cacaotero. (2013). *Portal informativo El Cacaotero*. Obtenido de <http://www.elcacaotero.com.ec/>
- Rojas, F., & Sacristán, E. J. (2013). *Guía Ambiental para el Cultivo de Cacao*. FEDECACAO; MADR.

Shadowfox. (23 de Mayo de 2012). *Wikipedia*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1chira#/media/File:Colombia\\_-\\_Norte\\_de\\_Santander\\_-\\_C%C3%A1chira.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1chira#/media/File:Colombia_-_Norte_de_Santander_-_C%C3%A1chira.svg)

Sociedad de Agricultores de Colombia. (2013). *Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC)*. Obtenido de <http://www.sac.org.co/es/ambito-juridico/leyes/100-no-031-de-1965-fomento-de-la-industria-del-cacao.html>

## Anexos

### Anexo 1

Fotografías de la evaluación del clon CCN 51 donde muestra la evolución durante el proceso de estudio.



**Anexo 2**

Fotografías de la evaluación del clon FSV 41 donde muestra la evolución durante el proceso de estudio.



**Anexo 3**

Fotografías de la evaluación del clon FEAR 5 donde muestra la evolución durante el proceso de estudio.



**Anexo 4**

Fotografías de la evaluación del clon TCS 01 donde muestra la evolución durante el proceso de estudio.

