



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

**RESPUESTA FOTOSINTÉTICA DE CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L) A DIFERENTES CONTENIDOS DE DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SUELO.**

**AUTORES:**

**BARBERAN MACÍAS CHRISTIAN FABIÁN**

**MORA SALTOS SERGIO ELÍAS**

**TUTOR**

**ING. ARTEAGA ALCÍVAR FRANCISCO JAVIER MG.SC.**

**SANTA ANA – MANABÍ – ECUADOR**

**2018**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Tema:**

**“RESPUESTA FOTOSINTÉTICA DE CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao*  
L) A DIFERENTES CONTENIDOS DE DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL  
SUELO”.**

**TESIS DE GRADO**

Sometida a consideración del Tribunal de Seguimiento y Evaluación, legalizada por el Honorable Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR:**

-----  
**Ing. Leonardo Solís Bowen Mg. Sc.**

Presidente del tribunal de sustentación

-----  
**Dr. Antonio Torres García PhD.**

Miembro del tribunal de sustentación

-----  
**Ing. Roberto Bravo Zamora Mg. Sc.**

Miembro del tribunal de sustentación

## **CERTIFICACIÓN**

Ing. **Francisco Arteaga Alcívar** Mg. Sc. Docente de la Facultad de Ingeniería

Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí.

Certifica:

Que el trabajo de titulación “**RESPUESTA FOTOSINTÉTICA DE CLONES DE (*Theobroma cacao* L) A DIFERENTES CONTENIDOS DE DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SUELO**”, es trabajo original realizado por los estudiantes **BARBERAN MACÍAS CHRISTIAN FABIÁN** y **MORA SALTOS SERGIO ELÍAS**, el cual fue realizado bajo mi tutoría.

---

**Ing. Francisco Javier Arteaga Alcívar Mg. Sc.**

**TUTOR DE TESIS**

## **CERTIFICACIÓN**

**Dr. Ramón Jaimez Arellano PhD**, Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí

Certifica:

Que el trabajo de titulación “**RESPUESTA FOTOSINTÉTICA DE CLONES DE (*Theobroma cacao* L) A DIFERENTES CONTENIDOS DE DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SUELO**”, es trabajo original realizado por los estudiantes **BARBERAN MACÍAS CHRISTIAN FABIÁN** y **MORA SALTOS SERGIO ELÍAS**, el cual fue realizado bajo mi revisión.

---

**Dr. Ramón Jaimez Arellano PhD.**

**REVISOR DE TESIS**

## **AUTORÍA**

**La responsabilidad de las ideas, resultados y conclusiones de la presente investigación, corresponden únicamente a los autores.**

---

**BARBERAN MACÍAS CHRISTIAN FABIÁN**

---

**MORA SALTOS SERGIO ELÍAS**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación va dedicada a Dios Todopoderoso quién fue, es y será mi guía en el buen camino, por ser mi luz puente y camino, por darme las fuerzas espirituales para poder encarar las adversidades que se me presentaron a lo largo del camino de preparación profesional.

A mi padre Milton Guido Barberan Marcillo (+) que me cuida desde el cielo.

A mi madre Paula Josefina Macías Marcillo, por ejemplo de madre, mujer luchadora, persona fiel, quien ha sido mi motor en esta larga carrera de preparación profesional, por sus consejos, por su motivación día a día para que culmine mis estudios, por inculcarme valores que me han hecho persona de bien.

A Hernán Intriago por su apoyo moral y económico.

A mis hermanos Roque Fabricio, Luis Alfonso, Jeritza Annabel, María, Andrés, Jean Carlos, Guadalupe, a mis primos en especial a Jipson Andrés y Edwin José; tíos y a toda mi familia por estar siempre presentes y a todos y cada uno de mis compañeros de estudio que de alguna manera me ayudaron en mi carrera universitaria.

**CHRISTIAN BARBERAN MACÍAS**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi Dios por brindarme fuerza, paciencia y perseverancia, para poder culminar mis estudios académicos.

A mis padres, en especial a mi madre por darme la oportunidad de estudiar, los sabios consejos y el apoyo moral los cuales me motivaron a superar las circunstancias difíciles y enfrentarlos con principios éticos y morales.

A los profesores que integran la Facultad de Ingeniería Agronómica quiero agradecerles por la paciencia que tuvieron para cultivar mi intelecto, guiarme en el proceso de formación como persona y académica.

A mi Director de tesis Ing. Francisco Arteaga Alcívar.

A mi Revisor de tesis Dr. Ramón Jaimez Arellano.

Al Ing. Fredy Santana Parrales.

A la Ing. Liliana Corozo Quiñónez.

Al Dr. Freddy Zambrano Gavilanes.

Al Ing. Juan Alcívar Hídovo.

Al Ing. Leonardo Solís.

Al Ing. Juan Flor Vinces.

Al Ing. Edilio Vinces.

Al Sr. Carlos García.

Al Sr. Ramón Almeida

A mis compañeros y amigos de la Facultad de Ingeniería Agronómica por ofrecerme su amistad y compartir muchas experiencias durante la carrera.

**CHRISTIAN BARBERAN MACÍAS**

## DEDICATORIA

*A mi DIOS Todopoderoso.*

*A mis Padres por su apoyo (P.M y A.S).*

*A mis Hermanos (E.M y I.M).*

**IN GOD WE TRUST**

**Sergio Mora**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi DIOS Todopoderoso.*

*A mis Padres por su apoyo (P.M y A.S).*

*A mis Hermanos (E.M y I.M).*

*Al Ing. Francisco Arteaga Alcívar.*

*Al Ing. Liliana Corozo.*

*Al Dr. Ramón Jaimez Arellano.*

*Al Dr. Freddy Zambrano Gavilanes.*

**IN GOD WE TRUST**

**Sergio Mora**

## INDICE GENERAL

### Contenido.

Portada	1
Hoja de aprobación de tesis	2
Certificación de director de tesis	3
Certificación de revisor de tesis	4
Autoría	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Dedicatoria	8
Agradecimientos	9
Índice general	10
Índice de cuadros	13
Índice de figuras	14
Lista de anexos	14
Resumen	15
Summary	16
<b>I. INTRODUCCIÓN.</b>	17
<b>II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.</b>	19
<b>III. ANTECEDENTES.</b>	21
<b>IV. JUSTIFICACIÓN.</b>	23
<b>V. OBJETIVOS.</b>	24
5.1. Objetivo General.	24
5.2. Objetivos Específicos.	24
<b>VI MARCO TEÓRICO.</b>	25
6.1. Origen.	25
6.2. Descripción taxonómica del cacao.	25
6.3. Descripción morfológica del cultivo del cacao.	25
6.4. El cultivo del cacao en el contexto mundial, nacional y en Manabí.	26
6.5. Requerimientos Ecofisiológicos del cacao.	29
Temperatura.	29
Condiciones de suelo.	29
Agua.	30
Precipitación.	30
Luz.	30
Suelo.	30
6.6. Balance y requerimientos hídricos en el cultivo de cacao.	31

<b>6.7.</b>	El déficit hídrico y el crecimiento de las plantas.	31
<b>6.8.</b>	Efectos fisiológicos y bioquímicos del déficit hídrico.	31
<b>6.9.</b>	Intercambio gaseoso y conductancia estomática.	33
<b>6.10.</b>	Factores que afectan la actividad fotosintética.	33
	Calidad de la luz.	33
	Intensidad de la luz.	34
	Concentración de dióxido de carbono.	34
	Temperatura.	34
	Disponibilidad del agua.	34
<b>6.11.</b>	Curvas de luz.	35
<b>6.12.</b>	La eficiencia del uso del agua (EUA).	35
<b>6.13.</b>	Fenología.	36
<b>6.14.</b>	Tipos de cacao.	36
	Forasteros o Amazónicos.	36
	Criollos o Nativos.	36
	Cacao Nacional.	37
	Trinitario.	37
<b>VII.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.</b>	38
<b>a.</b>	Ubicación.	38
<b>b.</b>	Manejo de la investigación.	38
<b>c.</b>	Características edafológicas.	38
<b>d.</b>	Características agronómicas de los clones en estudio.	38
<b>e.</b>	Diseño experimental.	39
<b>f.</b>	VARIABLES EVALUADAS.	40
<b>g.</b>	Registro de variables climáticas.	40
<b>h.</b>	Evaluaciones fisiológicas.	40
<b>i.</b>	Fotosíntesis (A).	41
<b>j.</b>	Curvas de Fotosíntesis (A) vs Densidad de flujo fotónico (DFF).	41
<b>k.</b>	Diámetro de tallo (DT) y Altura de planta (A <sub>p</sub> ).	41
<b>l.</b>	Tasa de crecimiento: Diámetro de tallo (DT) y Altura de planta (A <sub>p</sub> ).	42
<b>VIII.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.</b>	43
<b>8.1</b>	Clima.	43
<b>8.2</b>	Intercambio de gases.	43

<b>8.3</b>	Fotosíntesis (A).	43
<b>8.4</b>	Curvas de Fotosíntesis (A) vs Densidad de flujo fotónico (DDF).	46
<b>8.5</b>	Diámetro de tallo (mm).	51
<b>8.6</b>	Altura de planta (cm).	53
<b>8.7</b>	Tasa de Crecimiento: Diámetro de tallo (DT).	56
<b>8.8</b>	Tasa de Crecimiento: Altura de planta (Ap).	58
<b>IX.</b>	<b>CONCLUSIONES.</b>	60
<b>X.</b>	<b>RECOMENDACIONES.</b>	61
<b>XI.</b>	<b>LITERATURA CITADA.</b>	62
<b>XII.</b>	<b>ANEXOS.</b>	70

## Índice de cuadros.

<b>Cuadro 1.</b> Superficie plantada (has) y rendimientos (t/ha) en las principales provincias del Ecuador durante el 2016.	27
<b>Cuadro 2.</b> Superficie (Hectáreas) sembradas con cacao en la provincia de Manabí.	28
<b>Cuadro 3.</b> Características de los Clones en estudio.	39
<b>Cuadro 4.</b> Promedios mensuales de: Insolación, Viento, Humedad Relativa (HR) y Temperatura (Max y Min), durante el tiempo que duro el experimento.	43
<b>Cuadro 5.</b> Parámetros derivados de las curvas A/DFF de cuatro clones de cacao: tasa de fotosíntesis a DFF saturante (ADFFsat), eficiencia cuántica aparente ( $\Phi\text{CO}_2$ ), tasa de respiración en oscuridad (RD) y punto de compensación de luz (PCL).	48
<b>Cuadro 6.</b> Datos de la $\text{ET}_0$ (mm/día) mes de Julio 2017 (CROPWAT).	70
<b>Cuadro 7.</b> Datos de la $\text{ET}_0$ (mm/día) mes de Agosto 2017 (CROPWAT).	71
<b>Cuadro 8.</b> Datos de la $\text{ET}_0$ (mm/día) mes de Septiembre 2017 (CROPWAT).	72
<b>Cuadro 9.</b> Datos de la $\text{ET}_0$ (mm/día) mes de Octubre 2017 (CROPWAT).	73
<b>Cuadro 10.</b> Datos de la $\text{ET}_0$ (mm/día) mes de Noviembre 2017 (CROPWAT).	74
<b>Cuadro 11.</b> Datos de la $\text{ET}_0$ (mm/día) mes de Diciembre 2017 (CROPWAT).	75
<b>Cuadro 12.</b> Datos de la $\text{ET}_0$ (mm/día) mes de Enero 2018 (CROPWAT).	76
<b>Cuadro 13.</b> Datos de la $\text{ET}_0$ (mm/día) mes de Febrero 2018 (CROPWAT).	77
<b>Cuadro 14.</b> Datos de la $\text{ET}_0$ (mm/día) mes de Marzo 2018 (CROPWAT).	78
<b>Cuadro 15.</b> Datos de la $\text{ET}_0$ (mm/día) mes de Abril 2018 (CROPWAT).	79
<b>Cuadro 16.</b> Datos de la $\text{ET}_0$ (mm/día) mes de Mayo 2018 (CROPWAT).	80
<b>Cuadro 17.</b> Promedios del gasto hídrico en los tratamientos a diferentes niveles de humedad en el suelo desde el mes de julio del 2017, hasta el mes de abril del 2018.	81

## Índice de figuras.

<b>Figura 1:</b> Respuesta de tasa de asimilación de CO <sub>2</sub> (A) en los clones CCN-51, EET-103, EET-575 y EET-576 a 4 niveles de riego, a una DFF (Densidad de Flujo Fotónico) de 600 mmol/m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> , las líneas en las barras representan el error estándar.	44
<b>Figura 2:</b> Relación de la tasa fotosintética (A) sobre la Conductancia estomática (Gs) en los clones CCN-51, EET-103, EET-575 y EET-576.	45
<b>Figura 3:</b> Comportamiento de la fotosíntesis (A) sobre la DDF (Densidad de flujo fotónico) en los clones CCN-51, EET-103, EET-575 y EET-576 a cuatro niveles de riego (100%, 80%, 60% y 40%).	46
<b>Figura 4:</b> Diámetro de tallo (DT) a 4 niveles de riego: nivel 1 (100%), nivel 2 (80%), nivel 3 (60%) y nivel 4 (40%).	51
<b>Figura 5:</b> Altura de planta (A <sub>p</sub> ) a 4 niveles de riego: nivel 1 (100%), nivel 2 (80%), nivel 3 (60%) y nivel 4 (40%).	53
<b>Figura 6:</b> Tasa de crecimiento en relación al diámetro de tallo (DT) en los clones CCN-51, EET-103, EET-575 y EET-576 a 4 niveles de riego: nivel 1 (100%), nivel 2 (80%), nivel 3 (60%) y nivel 4 (40%).	56
<b>Figura 7:</b> Tasa de crecimiento en relación a la altura de planta (A <sub>p</sub> ) en los clones CCN-51, EET-103, EET-575 y EET-576 a 4 niveles de riego: nivel 1 (100%), nivel 2 (80%), nivel 3 (60%) y nivel 4 (40%).	58

## Índice de anexos.

<b>Anexo 1.</b> Clones en estudio.	82
<b>Anexo 2.</b> Construcción de la cubierta donde se estableció el experimento.	82
<b>Anexo 3.</b> Preparación del sustrato (arena, materia orgánica y tierra).	83
<b>Anexo 4.</b> Llenado de las macetas plásticas.	83
<b>Anexo 5.</b> Trasplante de las plantas de cacao.	84
<b>Anexo 6.</b> Aplicación de los tratamientos.	84
<b>Anexo 7.</b> Realización de la poda.	85
<b>Anexo 8.</b> Toma de diámetro y altura de planta.	85
<b>Anexo 9.</b> Equipo de sistema cerrado de intercambio de gases LI-6400XT (LI-COR Portable Photosynthesis System).	86
<b>Anexo 10.</b> Reporte del análisis del agua, realizado en la Estación Experimental INIAP “Pichilingue”.	87
<b>Anexo 11.</b> Reporte del análisis de suelo, realizado en la Estación Experimental INIAP “Pichilingue”.	88
<b>Anexo 12.</b> Croquis de campo.	89

## RESUMEN.

En condiciones semi-controladas, se evaluó la respuesta fotosintética de clones de *Theobroma cacao* (CCN-51, EET-103, EET-575 y EET-576) a diferentes contenidos de disponibilidad de agua en el suelo, el ensayo se ubicó en la Estación Experimental la Teodomira, Facultad de Agronomía, perteneciente a la Universidad Técnica de Manabí. Las variables de respuesta fueron Fotosíntesis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}/\text{seg}^{-1}$ ), Curvas de Fotosíntesis vs Densidad de flujo fotónico, Tasa de Crecimiento, Diámetro de Tallo y Altura de Planta. Los resultados muestran que los clones en estudio reducen su tasa de fotosíntesis de manera progresiva a menudo que el déficit hídrico va en aumento siendo el clon EET-103 el que reportó la tasa fotosintética más baja. Se presentaron curvas de luz con puntos de saturación bajos que comprendían de los  $3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  a puntos altos de saturación de  $7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Así mismo la altura de planta y diámetro de tallo presentó un comportamiento similar durante los primeros 6 meses, sin embargo al final del ensayo (7 meses después de la inducción) se pudo determinar que el 100% de agua disponible fue mucho mayor que los tratamientos al 80% y 60% de agua disponible, mientras el 40% agua tuvo una marcada diferencia ya que presentó una reducción del 27% del crecimiento con relación al valor medio obtenido al 100% de agua en el suelo.

**Palabras claves:** *Clones, Cacao, Intercambio Gaseoso, Fotosíntesis, Curvas de Luz, Tasa de Crecimiento.*

## SUMMARY.

Under semi-controlled conditions, the photosynthetic response of *Theobroma cacao* clones (CCN-51, EET-103, EET-575 and EET-576) was evaluated at different water availability contents in the soil, the assay was located in the Teodomira Experimental Station, Faculty of Agronomy, belonging to the Technical University of Manabí. The response variables were Photosynthesis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}/\text{seg}^{-1}$ ), Photosynthesis Curves vs. Photonic Flow Density, Growth Rate, Stem Diameter and Plant Height. The results show that the clones under study reduce their rate of photosynthesis in a progressive way, often that the water deficit is increasing, with the EET-103 clone reporting the lowest photosynthetic rate. Light curves were presented with low saturation points ranging from  $3\text{-}\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  to high saturation points of  $7\text{-}\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Likewise, plant height and stem diameter presented a similar behavior during the first 6 months, however at the end of the trial (7 months after the induction) it could be determined that 100% of available water was much higher than the treatments 80% and 60% of available water, while 40% water had a marked difference since I presented a 27% reduction in growth in relation to the average value obtained at 100% water in the soil.

**Key words:** *Clones, Cocoa, Gaseous Interchange, Photosynthesis, Curves of Light, Rate of Growth.*

## I. INTRODUCCIÓN.

*Theobroma cacao* es una planta dicotiledónea perteneciente a la familias de las Malvácea, cuyo centro de origen se sitúa en la Amazonia. Esta planta en condiciones silvestres puede llegar a alcanzar hasta 20 metros de altura, pero en condiciones de cultivos puede medir entre 3 a 5 metros de altura (Muller & Valle, 2012). En América se cultiva principalmente en Brasil, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, México y la República Dominicana (Ruiz, 2014).

La producción mundial de cacao en el 2015 tuvo una disminución de 5.11% en comparación con el año 2014, debido a problemas en la producción de los principales productores a nivel mundial como son Ghana y Costa de Marfil; disminuyendo los niveles de exportaciones en 8.96%. La superficie de cultivos de cacao se incrementó en un 17% en el mundo. El precio internacional por tonelada se ubicó en el tercer trimestre de 2015 en USD 3,087 la tonelada, con el aumento del 9.4% respecto al primer trimestre del mismo año. (Banco Central del Ecuador, 2016). El nivel de importancia del cacao en Ecuador durante el 2015 representó el 37 % siendo éste el más importante de la zona 4 (Manabí- Santo Domingo de los Tsáchilas) (MAGAP, 2017).

En las zonas de producción de cacao de la Provincia de Manabí se han establecido los siguientes clones CCN-51, EET-103- EET-105, EET-575, EET-576. Se conoce que estos clones son vulnerables a problemas fitosanitarios, como también a diferentes disponibilidades de agua en el suelo (problemas de escasez de agua y de excesos), debido al cambio climático que afecta las zonas productoras de este cultivo, por lo tanto es necesario realizar estudios sobre el comportamiento fisiológico. Otros problemas que atraviesan los agricultores para la producción de cacao son: clima desfavorable (24%), poca asistencia técnica (18%), elevado costo de la mano de obra (16%), bajo precio del producto (15%), falta de financiamiento (6%), falta de vías de comunicación (3%), altas tasas de interés (3%). (Banco Central del Ecuador, 2016). En cuanto a la poca disponibilidad de agua Rivera, *et al* (2013), aluden que el desempeño de un gran número de funciones metabólicas en las plantas va a depender de la disponibilidad del agua en el suelo. La falta de agua es el estrés abiótico de mayor ocurrencia en el crecimiento vegetal y es de especial interés en los sistemas agrícolas en los que genera pérdidas económicas.

Los factores ambientales influyen sobre el cultivo de cacao, la interacción de la temperatura, la lluvia, luz solar, humedad relativa y el viento; se refleja en los procesos de crecimiento y desarrollo de la planta; en el caso del crecimiento y formación de flores y fruto se conoce que está influenciado por las variaciones en la temperatura y disponibilidad de agua, teniendo como óptima una temperaturas de 22° a 25°, a temperaturas menores se inhiben estos procesos; con la carencia de la disponibilidad de agua en el suelo la planta entra en un déficit hídrico lo que provoca una abscisión de las hojas, los tejidos meristemáticos entran en una inactividad fisiológica deteniéndose el crecimiento (INFOCACAO, 2015). La producción de este cultivo además de estar influenciado por factores ambientales (humedad, temperatura, luminosidad), también las características genéticas determinan la capacidad de respuestas tanto fisiológicas como morfológicas (Muller & Valle, 2012)

La disminución de la conductancia estomática se reduce en la medida que el estrés hídrico produce una limitación en la expansión foliar y reducción de la transpiración foliar (De Almeida y Valle, 2010). A medida que se produce el cierre estomático en los estadíos tempranos del estrés hídrico, el uso eficiente del agua puede aumentar (mayor toma de CO<sub>2</sub> por unidad de agua transpirada) debido a que el cierre estomático inhibe la transpiración más de lo que disminuye la absorción de CO<sub>2</sub>. Sin embargo cuando el estrés hídrico se hace más arduo, la deshidratación de las células van a impedir que se realice la fotosíntesis, lo cual va a generar un desajuste metabólico y el uso eficiente del agua va a descender (Taíz & Zeíger, 2006).

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La vida está íntimamente asociada al agua, muy especialmente en su estado líquido, y su importancia para los seres vivos (Azcon-Bieto & Talon, 2000), ya que sin el recurso agua los órganos de los vegetales no pueden cumplir con los procesos fisiológicos, como la fotosíntesis y respiración; esto se correlaciona con varios factores, como la temperatura, humedad relativa, luminosidad y el contenido de agua en el suelo.

El cacao es uno de los cultivos más importante a nivel mundial, sin embargo, las investigaciones son limitadas en el tema de respuestas fisiológicas con relación al factor agua y la disponibilidad de luz de los diversos genotipos de cacao existentes, tanto en ecosistemas agrícolas como en hábitats naturales (Moser *et al*, 2010; Araque *et al*, 2012; Jaimez *et al*, 2013; Ávila-Lovera *et al*, 2016). Las investigaciones sobre ecofisiología del cacao, se ha realizado en plántulas de cacao en laboratorios, invernaderos y viveros. Estos estudios arrojaron bajas tasas fotosintéticas y conductancia estomática en cacao con reducciones debidas a déficit hídrico, alto déficit de presión de vapor (VPD) y alta densidad de flujo de fotones fotosintéticos (PFD) entre otros factores abióticos que podrían causar estrés (Deng *et al*, 1989; de Almeida & Valle, 2007; Acheampong *et al*, 2013; Ávila-Lovera *et al*, 2016).

La producción de cacao en algunos países es baja, esto puede deberse a factores como: cultivos antiguos, material genético poco productivo y una poca disponibilidad del recurso agua; siendo el cacao muy susceptible al estrés por sequía (Rada *et al*, 2005; Vespa, 2003), y disminuyendo los niveles de agua en los tejidos vegetales, los cuales se mantienen a 90% a tensiones de 1.0 Mpa y van descendiendo a 50% a 3.5 Mpa (Almeida *et al*, 2002). El déficit hídrico en las plantas disminuye la energía y la utilizan para tolerar el estrés, agotando los fotoasimilados llegando incluso a su muerte. La falta de agua afecta varios procesos metabólicos, la conductancia estomática se reduce a medida que el estrés por sequía aumenta, originando un cierre estomático, además de una limitación en la expansión foliar y reducción de la transpiración (De Almeida & Valle, 2010). El uso eficiente del recurso hídrico se ha convertido en el objetivo principal de cualquier sistema productivo, sin embargo los agricultores no utilizan eficientemente el recurso agua (Gamboa, 2010).

Mora *et al* (2012), menciona que para el establecimiento y manejo de plantaciones de cacao es importante considerar los factores ambientales ya que están relacionados con el crecimiento, floración y fructificación, por lo que es necesario cumplir con requerimientos óptimos de agua, luminosidad, temperatura y suelos. El cacao es muy sensible a la falta de humedad en el suelo; por esto es substancial una buena distribución del agua durante todo el año. Además Quintal *et al* (2012), menciona que uno de los principales problemas que presenta el cacao es su baja producción, esto se debe a que no se ejecutan las prácticas adecuadas; entre la cual está en saber cuál es el requerimiento hídrico óptimo para este cultivo.

Rivera *et al* (2013), alude que el desempeño de un gran número de funciones metabólicas en las plantas va a depender de la disponibilidad del agua en el suelo. La falta de agua es el estrés abiótico de mayor ocurrencia en el crecimiento vegetal y es de especial interés en los sistemas agrícolas en los que genera pérdidas económicas.

Con la amenaza del cambio climático que da lugar al comportamiento errático de la precipitación en las regiones tropicales, y ante la aparente “sensibilidad” del cacao al déficit hídrico y mayor radiación, aún no se le ha dado la relevancia del caso para profundizar en el conocimiento de las relaciones hídricas en cacao en ambientes secos con riego (García, 2014).

### III. ANTECEDENTES.

Las especies leñosas tropicales, como (*Theobroma cacao* L.) y (*Coffea arábica*) son especies adaptadas en su hábitat natural a bajas DFF (Densidad de Flujo Fotónico), de aquí que generalmente son cultivadas en el sotobosque. Por eso muchas especies tropicales como el cacao crecen mejor en condiciones de sombra que a plena exposición solar, por lo que estas especies en altas DFF podría provocar fotoinhibición (Huxley, 2001).

Matos *et al* (2009), Señalan que la sombra no excesiva podría ser ventajosa para árboles de cultivo en el trópico debido a que: (1) Tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> se satura a bajas DFF; (2) la radiación en el trópico durante gran parte del año es muy elevada y puede ocasionar daños fotoinhibitorios, particularmente cuando está asociada con déficit hídrico; y (3) las mejores condiciones microclimáticas tienen un efecto amortiguador sobre la humedad del aire y la disponibilidad de agua del suelo, lo que permite un prolongado funcionamiento y mantenimiento del intercambio gaseoso foliar.

El desempeño fotosintético y la Eficiencia en el Uso del Agua (EUA) de cultivares élite de cacao (*Theobroma cacao* L.) se han estudiado mediante la evaluación del intercambio gaseoso, la actividad fotoquímica del fotosistema II (PSII), la EUA instantánea e integrada y el contenido de nitrógeno de árboles juveniles y adultos de los tres tipos de cacao (criollo, trinitario y forastero) en diferentes hábitats en Venezuela (Pereyra, 2007; Tezara *et al*, 2009).

*Theobroma cacao* es una especie que crece en zonas con alta precipitación y bajo condiciones de reducida disponibilidad de luz (Baligar *et al*, 2008). Muchos trabajos realizados en condiciones de laboratorio o vivero han reportado que las plantas juveniles de cacao tienen una baja tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> y conductancia estomática (Gs) la cual es sensible al déficit hídrico, al incremento del déficit de presión de vapor (DPV) y a la alta (DFF) entre otros estreses abióticos (Almeida & Valle, 2007). Sin embargo, son pocos los trabajos en los cuales se comparan las respuestas ecofisiológicas a la disponibilidad hídrica y lumínica de los diferentes genotipos de cacao, tanto en ecosistemas agrícolas como en hábitats naturales.

En zonas tropicales de Ecuador, Venezuela, Malasia, Ghana y Brasil se han adelantado trabajos a nivel experimental y comercial con cacao bajo riego. Los resultados en el incremento de producción han sido variables entre 40 y 100% (Freire, 1993; Siqueira *et*

*al*, 1996). En Belice Khan, Patterson & Matlick (1987) evaluaron el comportamiento del cultivo de cacao a la aplicación de riego por goteo en la época seca y encontraron que cuando se restituyó entre 75 y 100% del agua perdida en los primeros 30 cm del suelo, el rendimiento fue 28% más alto que cuando se restituyó 0 y 50% de agua perdida por evapotranspiración.

#### IV. JUSTIFICACIÓN.

*Theobroma cacao*, es uno de los primordiales cultivos comerciales en diferentes países tropicales. En América, el 18,3 % de la producción mundial se concentra en el centro y sur del continente, donde Brasil y Ecuador son los mayores productores (Quintero & Díaz, 2004; ICCO, 2016/17). En el Ecuador, el cacao es un cultivo de interés económico para los agricultores de las provincias de Los Ríos, El Oro, Guayas y Manabí, cuyas semillas son de atractivo en los mercados internacionales por ser un producto de calidad denominado “cacao fino de aroma”(Quiroz & Amores, 2002). La producción nacional para el 2016 fue de 177,551 Tm con rendimientos promedios de 0, 3172 kg/ha (INEC, 2016).

Indudablemente el cultivo de cacao juega un rol importante en la economía del Ecuador, la producción anual supera las 177,551 Tm en una superficie aproximada de 559,617 has y aporta al Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario con alrededor del 7% y con 5% al PIB total (INEC, 2016).

La evaluación de caracteres morfoanatómicos y características ecofisiológicas (estado hídrico, intercambio gaseoso y actividad fotoquímica del fotosistema II), al igual que las respuestas fisiológicas y de crecimiento del cacao a diferentes intensidades lumínicas, podría ser una importante estrategia para mejorar la producción basándose en un manejo agrícola adecuado, trayendo mayores beneficios a los productores del país (De Almeida, 2012).

De ahí la importancia que se dé un adecuado riego a las plantas de cacao, lo cual se verá reflejado en la producción del cultivo. En Manabí la información acerca de los requerimientos hídricos en diferentes clones de cacao es limitada. Es necesario realizar trabajos de investigación que ayuden a identificar clones de cacao en diferentes condiciones de humedad en el suelo y así poder evaluar el crecimiento y desarrollo del cultivo.

En el presente trabajo investigativo se utilizaran cuatro clones de cacao a diferentes niveles de humedad en el suelo, y se tendrá información y conocimientos que les pueda servir de utilidad a productores del sector cacaotero del país.

## V. OBJETIVOS.

### 5.1. Objetivo General.

Evaluar la respuesta fotosintética de clones de cacao (*Theobroma cacao* L) a diferentes contenidos de disponibilidad de agua en el suelo.

### 5.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar el efecto de los diferentes contenidos de disponibilidad de agua en el suelo sobre tasas de fotosíntesis en cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L).
- Determinar la respuesta de las curvas de luz en diferentes contenidos de disponibilidad de agua en el suelo en cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L).
- Determinar el efecto los diferentes contenidos de disponibilidad de agua en el suelo sobre el crecimiento en los cuatros clones de cacao (*Theobroma cacao* L).

## VI. MARCO TEÓRICO.

### 6.1. Origen.

Tradicionalmente se ha sostenido que el punto de origen de la domesticación del cacao se encontraba en Mesoamérica entre México, Guatemala y Honduras, donde se utilizó hace 2000 años A.C. No obstante, nuevos estudios indican que por lo menos una variedad de cacao (*Theobroma cacao* L.) tiene su punto de origen en la alta Amazonía y que ha sido utilizada en la región por más de 5.000 años. (ANECACAO, 2015). Se encuentra en su forma natural en los bosques de América del Sur (Franco, 2016). *Theobroma cacao*, comprende 22 especies, todas crecen bajo el dosel de bosques tropicales lluviosos (Nicolás *et al*, 2011).

### 6.2. Descripción taxonómica del cacao.

Omaña (2009), describe la clasificación taxonómica del cacao de la siguiente manera:

- Reino: Plantae
- Subreino: Tracheobionta
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Dilleniidae
- Orden: Malvales
- Familia: Esterculiáceas
- Subfamilia: Byttnerioideae
- Tribu: Theobromeae
- Género: Theobroma
- Especie: cacao
- Nombre binomial: *Theobroma cacao* L.

### 6.3. Descripción morfológica del cultivo del cacao.

Duran (2012), afirma que el sistema radicular del cacao está formado por una raíz pivotante que en condiciones favorables puede alcanzar más de 2 metros de profundidad.

Torres (2012), indica que el árbol de cacao siendo adulto, las hojas presentan un color verde oscuro y delgado, de tamaño mediano y son de textura firme, se encuentran unidas a las ramas por el peciolo. El peciolo tiene una hinchazón llamado yema.

Duran (2012), señala que los pétalos tienen colores que varían desde blanco a rosa en las distintas variedades. Se presentan en racimos en el tronco, los cuales se encuentran sostenidos por un pedicelo de 1 a 3 cm. Son de color rosa, púrpura y blanca de pequeña talla en forma de estrella.

#### **6.4. El cultivo del cacao en el contexto mundial, nacional y en Manabí.**

Existen más de 3.5 millones de pequeños productores de cacao a nivel mundial, en los cuales la producción de cacao es la base de su economía familiar (FAO/OMS, 2014). Aproximadamente el 58% de la producción se centraliza en tres países africanos: Costa de Marfil (1.65 MM), Ghana (879 mil) y Nigeria (383 mil), Seguido por Indonesia que representa el 19% de la producción mundial. Ecuador es el séptimo mayor productor de cacao a nivel mundial y según cifras del Proyecto de Reactivación de Café y Cacao Nacional Fino de Aroma del MAGAP, el país posee el 62% de la producción y exportación de cacao fino de aroma a nivel mundial. El 23% restante de la producción mundial lo comparten 55 países del mundo. En América del Sur los principales países comerciantes de cacao son: Brasil, Colombia y Perú, quienes en conjunto importan cerca de 20 mil toneladas, es decir menos del 1% del comercio mundial (MAGAP, 2014). Por otro lado, los países con mayor consumo del cacao son Estados Unidos, Alemania, Francia, Inglaterra, Rusia y Japón (Avalos *et al*, 2012; ICCO, 2012).

El mercado de cacao en grano, a nivel mundial se divide en dos categorías: 1) el cacao fino de aroma (variedad criollo), 2) el cacao básico u ordinario (variedades trinitario y forastero) (FAO/OMS, 2014). El cacao básico u ordinario representa alrededor del 95-93% de la producción mundial y proviene de África, Asia, América Central y América del Sur, mientras que el cacao fino de aroma representa alrededor de 5-7% aproximadamente de la producción mundial, lo cual constituye entre 100 mil y 170 mil toneladas que proceden de Ecuador, Indonesia, Papúa (Nueva Guinea), Colombia, Venezuela, Trinidad y Tobago, entre otros (ICCO, 2012), siendo Ecuador, Perú, Colombia y Papúa Nueva Guinea los más grandes proveedores de Europa (FAO/OMS, 2014).

Franco (2016) manifiesta que en América Latina, Ecuador se coloca como el más competitivo en la comercialización de cacao en grano, y le ha dado un lugar importante al clon CCN- 51, la producción de este se quintuplicó entre el 2005 y 2013, al pasar de 20 000 a 100 000 toneladas anuales. En el año 2015 se llegaron a exportar 102.500 toneladas de CCN-51, según cifras oficiales, lo cual corresponde al 50% de las exportaciones del grano.

En la actualidad el Ecuador tiene casi el 4% de la producción mundial de cacao, con 500.000 Ha, sembradas en 12 de las 24 provincias que tiene el país (ANECACAO, 2015), las principales provincias productoras son Manabí con 125,839 ha, seguida de Los Ríos con 125,186 ha y Guayas con 101,724 ha (Cuadro 1). En relación a los rendimientos: Guayas es la provincia que tiene el mayor rendimiento con 0,4839 t/ha, El Oro 0,4456 t/ha y Manabí los más bajos con 0,1773 t/ha (INEC, 2016).

**Cuadro 1.** Superficie plantada (ha) y rendimientos (t/ha) en las principales provincias del Ecuador durante el 2016.

<b>Provincias</b>	<b>Superficie Plantada (ha)</b>	<b>Rendimiento (t/ha)</b>
<b>Manabí</b>	125,839	0,1773
<b>Los Ríos</b>	125,186	0,3290
<b>Guayas</b>	101,724	0,4839
<b>Esmeraldas</b>	71,384	0,2533
<b>El Oro</b>	21,613	0,4456
<b>Santa Domingo</b>	26,923	0,2078
<b>Cotopaxi</b>	9,168	0,4132

**Fuente:** INEC, 2016.

En la provincia de Manabí, el cultivo del cacao es un sector de mucha importancia dentro del ámbito agrícola ya que cuenta con 125,839 hectáreas, la cual numerosas familias dependen de este tipo de cultivo generando empleo y divisas para el país (Rodríguez, 2010; INEC, 2016).

El cultivo de cacao en la provincia de Manabí se encuentra distribuido geográficamente en los cantones Chone, Flavio Alfaro, el Carmen, Pedernales y Jama (microrregión norte), Tosagua, Bolívar, Sucre, Junín, Pichincha (microrregión centro-norte),

Rocafuerte, Portoviejo, Santa Ana, Olmedo, 24 de Mayo y Paján (microrregión centro-sur).

El cuadro 2, muestra la superficie del cultivo de cacao en monocultivo, asociado y el total por microrregión y en cantones (Motato & Cedeño, 2010).

**Cuadro 2.** Superficie (Hectáreas) sembradas con cacao en la provincia de Manabí.

<b>Cantones</b>	<b>Monocultivo</b>	<b>Asociado</b>	<b>Total</b>
<b>Microrregión Norte</b>	<b>34,451</b>	<b>29,290</b>	<b>63,741</b>
<b>Chone</b>	17,205	18,282	35,487
<b>Flavio Alfaro</b>	11,431	3,067	14,498
<b>El Carmen</b>	3,588	5,416	9,004
<b>Pedernales</b>	1,916	2,334	4,250
<b>Jama</b>	311	191	502
<b>Microrregión Centro Norte</b>	<b>15,758</b>	<b>12,277</b>	<b>28,035</b>
<b>Tosagua</b>	110	20	130
<b>Bolívar</b>	3,284	3,944	7,228
<b>Sucre</b>	995	1,996	2,961
<b>Junín</b>	693	1,778	2,471
<b>Pichincha</b>	10,676	4,569	15,245
<b>Microrregión Centro Sur</b>	<b>2,337</b>	<b>6,848</b>	<b>9,185</b>
<b>Rocafuerte</b>	-	86	86
<b>Olmedo</b>	-	75	75
<b>Portoviejo</b>	1,059	3,080	4,139
<b>Santa Ana</b>	1,278	3,540	4,818
<b>24 de Mayo</b>	-	31	31
<b>Paján</b>	-	36	36
<b>Total</b>	<b>52,546</b>	<b>48,415</b>	<b>100,961</b>

**Fuente:** Motato & Cedeño, 2010.

## **6.5. Requerimientos Ecofisiológicos del cacao.**

### **➤ Temperatura.**

INIAP (2010) manifiesta que el cultivo de cacao necesita temperaturas entre 21-28 °C, con poca variación entre el día y la noche. Cuando la temperatura es muy baja es difícil cultivar cacao satisfactoriamente, por lo contrario, cuando las temperaturas son muy altas pueden provocar alteraciones a nivel fisiológico en el árbol. El cacao necesita 1000 horas luz anual, pero los rayos solares no deben penetrar directamente porque esto incrementa la temperatura y los vientos fuertes pueden perjudicar las plantas por lo que el cultivo debe estar bajo sombra.

### **➤ Condiciones de suelo.**

La planta de cacao se adapta a diversos tipos de suelos, inclusive puede producir en suelos con baja fertilidad aunque la producción es limitada, se alcanzarán rendimientos aceptables, solo si se practica el cultivo con sombreado suficiente para disminuir el efecto de los rigores climáticos, que debilitan e incluso ocasionan la muerte de las plantas. No obstante, el cultivo de cacao prefiere los suelos fértiles, francos, profundos, bien drenados, con buena retención de agua disponible y alto contenido de materia orgánica (MAG, 2001).

La profundidad efectiva del suelo, de al menos 1.5 metros con estructura porosa y espacios suficientes facilitan la infiltración y drenaje del agua, promoviendo el buen desempeño del cultivo, al permitir el desarrollo normal de un amplio sistema radicular. La presencia de obstrucciones físicas como capas endurecidas o un nivel freático alto limitan grandemente el crecimiento de las raíces (INIAP, 2009).

Bajo situaciones climáticas como, por ejemplo, las de África occidental, el cacao puede resistir periodos secos de hasta 3 meses (con precipitaciones < 100 mm). Las condiciones climáticas específicas en Ecuador permiten cultivar cacao en lugares incluso con periodos secos de hasta 5-6 meses; sin embargo las temperaturas son aquí en promedio más bajas, la humedad del aire más alta y el cielo está habitualmente nublado durante los periodos secos. (Nicolás *et al*, 2011).

### **➤ Agua.**

El cacao es una planta sensible a la escasez de agua y al encharcamiento, este puede provocar asfixia y hasta matar las raíces en muy poco tiempo. Por eso se requieren suelos con buen drenaje. Las necesidades de agua oscilan entre 1500 y 2500 mm de lluvia en las zonas bajas más cálidas, y entre 1200 y 1500 mm en las zonas con prolongados periodos de sequía, es recomendable regar para aumentar la producción (Quiroz & Agama, 2007).

➤ **Precipitación.**

Rojas y Sacristán (2013), consideran que áreas con un régimen de precipitaciones entre 1800 a 2600 mm anuales es sumamente apta para el cultivo, entre 2600 y 3200 mm anuales es moderadamente apta y zonas con precipitaciones menores a 1200 y mayores a 3800 mm anuales son consideradas no aptas para el cultivo.

➤ **Luz.**

Torres (2012), menciona que la intensidad de la luz es un factor que resulta determinante en el cultivo de cacao, ya que influye en el proceso de la fotosíntesis. Cuando se va a establecer el cultivo se recomienda la siembra de otras plantas que actúen como sombra temporal o permanente, en estas etapas las plantas de cacao son muy susceptibles a la acción directa de los rayos solares. Se considera una intensidad lumínica menor al 50% del total de luz, va a limitar los rendimientos, mientras cuando es mayor al 50% los aumenta.

➤ **Suelo.**

Los suelos para el cultivo de cacao deben ser de preferencia planos con una ligera inclinación ya que esta clase de terrenos son muy fértiles y la erosión no perjudica mucho cuando se realiza un buen manejo. El suelo debe ser suelto y profundo para que las raíces se puedan distribuir sin dificultad y así la raíz principal pueda penetrar fácilmente hasta 1,50 metro de profundidad.

Los suelos más apropiados para un óptimo desarrollo son los suelos aluviales, los francos y profundos con subsuelo permeable. Los suelos de color negrozco son generalmente los mejores ya que estos están menos lixiviados (Torres, 2012). Los suelos con texturas franco arcillosas y franco arenosas, se consideran suelos ideales para el cultivo de cacao, el pH recomendado oscila entre 6,5 – 6,8 (Enríquez, 2004).

## **6.6. Balance y requerimientos hídricos en el cultivo de cacao.**

## **6.7. El déficit hídrico y el crecimiento de las plantas.**

El déficit hídrico puede causar una reducción en la actividad fotosintética, retraso en el crecimiento y disminución en el rendimiento. De este modo, el proceso fotosintético de las plantas, bajo déficit hídrico, puede reducir la capacidad de fijación del CO<sub>2</sub> mediante dos mecanismos de regulación: a) la restricción de la difusión del CO<sub>2</sub>, generando un cierre estomático, b) inhibición de la síntesis de Adenosina Trifosfato (ATP). Sin embargo el cierre de estomas es considerado como la principal restricción para la reducción de la fotosíntesis en plantas bajo condiciones de leve y moderado déficit hídrico (Hernández, 2006).

Estudios realizados por Balasimha & Daniel (1988), menciona que el cacao es tolerante al déficit hídrico, ya que presenta una eficiente regulación estomática reduciendo la pérdida de agua por transpiración, lo que le permite que la turgencia celular en las hojas se mantenga, ya que se considera como una estrategia adaptativa de esta especie.

## **6.8. Efectos fisiológicos y bioquímicos del déficit hídrico.**

Cuando el recurso del agua se reduce, el intercambio de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> se ve afectado, causando que la fotosíntesis se reduzca drásticamente, dado por la necesidad del agua para conservar un elevado potencial hídrico del protoplasma (Gamboa, 2010).

El principal efecto en la disminución del agua, es la reducción del potencial hídrico de las células oclusivas de los estomas, lo que origina un cierre de estos e impide el flujo de CO<sub>2</sub> al interior de las hojas. Cuando en una planta se empieza a dar una reducción de agua en los tejidos, esta disminuye su tasa fotosintética en 2 puntos críticos:

1. El primero representa una zona de transición, desde la máxima capacidad de actividad fotosintética a una región en la que ya no hay intercambio gaseoso. Este punto crítico se presenta en el nivel de potencial hídrico en el que el estoma empieza a cerrarse, causando una gran resistencia estomática a la difusión de CO<sub>2</sub> por lo que se reduce la tasa de fotosíntesis.
2. El segundo punto crítico se determina por el cierre total de los estomas, así como por el efecto de la deficiencia hídrica en la actividad enzimática de la ribulosa

1,5 bifosfato – carboxilasa oxidasa (RUBISCO), ya no es posible la fijación de CO<sub>2</sub> debido a que el protoplasma resultó afectado; a pesar que se le aplique riego a las plantas, no recuperaran su nivel original de actividad fotosintética (Gamboa, 2010).

Taiz & Zeiger (2002); Azcón-Bieto & Talón (2008), manifiestan que la fotosíntesis y el consumo de asimilados en hojas en crecimiento son afectadas por el déficit hídrico. Al disminuir el potencial hídrico en el floema durante el periodo de estrés se limita el movimiento de asimilados, pero su efecto se considera posterior a la inhibición de la fotosíntesis.

Los efectos sobre la fotosíntesis se agrupan en estomáticos y no estomáticos, en el primer caso se refiere a la afectación por el proceso normal de cierre estomático. Al momento del cierre de estomas la disponibilidad de CO<sub>2</sub> en el mesófilo disminuye y de otro lado la relación CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> disminuye y se incrementa la fotorrespiración. Los no estomáticos son de carácter bioquímico o fotoquímico y se presentan a medida que se acentúa la severidad de la sequía. Disminuyen tanto fotosíntesis como fotorrespiración y se incrementa la disipación térmica, debido al exceso de la energía que no alcanza a ser incorporada a estos procesos, lo que puede producir finalmente fotoinhibición o foto daño del PSII (Habib-Ur-Rehman & Muhammad, 2005).

Adicionalmente al efecto del estrés hídrico sobre la fotosíntesis, el ajuste osmótico, al cual Turner & Begg (1981) definen como la habilidad de las plantas para acumular solutos activamente ante un déficit hídrico, es un mecanismo que permite mantener el potencial de turgencia, a medida que desciende el potencial hídrico (Jdey *et al*, 2014; Nio *et al*, 2011). El ajuste osmótico se atribuye al incremento en la concentración de solutos comunes como iones inorgánicos (principalmente K<sup>+</sup>), ácidos orgánicos, aminoácidos y azúcares (Ashraf *et al*, 2011).

En cacao se ha identificado como primer efecto del estrés hídrico, el aumento en la resistencia estomática y la disminución del potencial hídrico foliar al medio día, lo que afecta la floración y renovación de hojas en las plantas. Adicionalmente, Rada *et al* (2005) al evaluar la variedad regional Guasare, reportaron la disminución en el potencial osmótico, aun así se evidenció disminución del 25% en la tasa fotosintética y del 39% en la transpiración.

### **6.9. Intercambio gaseoso y conductancia estomática.**

Las plantas como otros organismos bióticos demandan altas cantidades de agua, 50 Ton/ha para plantas C3 y 80 Ton/ha para plantas C4 en condiciones tropicales en promedio. Una planta puede llegar a necesitar 500 litros de agua procedente del suelo para poder producir 1 Kg de materia seca, lo cual da una idea de la facilidad con que la pérdida de agua excesiva por transpiración origina déficit hídrico con consecuencias negativas para el desarrollo, por lo que resulta de enorme importancia para la planta la regulación del proceso transpiratorio (Taíz & Zeiger, 2006). La concentración de CO<sub>2</sub> intercelular (G<sub>i</sub>) es un fuerte regulador de la apertura estomática. A bajas concentraciones de G<sub>i</sub> los estomas se abren independientemente de los demás factores ambientales, excepto en situaciones de fuerte estrés hídrico (Reynolds *et al*, 2010).

La medida de la tasa fotosintética permite evaluar la respuesta de la fotosíntesis a la humedad, a la radiación fotosintéticamente activa (PAR) y a la temperatura en las condiciones cambiantes diarias, determinando las estrategias que desarrolla la planta para conservar agua en horas de mayor PAR a lo cual puede responder con cierre estomático, lo se refleja en la disminución de la tasa transpiratoria y su tasa fotosintética (Silva & Dillenburg, 2007; Tay *et ál*, 2007; Yu *et ál*, 2009). La tasa de fotosíntesis se mide con un sistema de análisis de gases infrarrojo; basándose en la propiedad del CO<sub>2</sub> de absorber la energía en la región infrarroja, la muestra de gas pasa por una celda y ésta es irradiada con una fuente de gas infrarrojo. Los gases de referencia se alternan con un nivel de gas “cero” que se obtiene a partir de químicos, los cuales absorben el CO<sub>2</sub> en su totalidad en cada intervalo de medición para iniciar un nuevo ciclo de medición que permitirá a la celda re-llenarse y reajustarse al flujo de aire (Melgarejo *et al*, 2010).

### **6.10. Factores que afectan la actividad fotosintética.**

Dentro de los factores ambientales que perjudican la tasa fotosintética se encuentran: brillo solar, temperatura, radiación solar, concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), fotoperiodo y disponibilidad de agua en el suelo (Chang & Lin, 2007; Larcher, 2003).

#### **○ Calidad de la luz.**

Para mantener la función fotosintética, la planta deber de absorber luz en forma de fotones, esta función se desempeña en los cloroplastos, ubicados en hojas verdes, para

eso debe de contener pigmentos que sean capaces de capturar la energía electromagnética de la luz y convertirla en energía química (Gamboa, 2010).

Los pigmentos son la clorofila a, la clorofila b y algunos carotenoides, estos son capaces de absorber la luz total, las longitudes de onda que van desde el rojo (400nm) al azul (700nm), reflejando el color verde 520-.570nm (Gamboa, 2010).

- **Intensidad de la luz.**

Se define a la intensidad de la luz con el brillo solar en forma de energía radiante, y se puede medir en watt, luxes o calorías. La intensidad lumínica afecta el crecimiento de las plantas, ya que altera la tasa de actividad fotosintética (Gamboa, 2010).

- **Concentración de dióxido de carbono.**

La concentración de CO<sub>2</sub> en el aire afecta señaladamente la fotosíntesis. En promedio el contenido de CO<sub>2</sub> en la atmosfera es de 0,003%, mientras que de oxígeno molecular (O<sub>2</sub>) es 21%. Diversos fisiólogos han manifestado que al incrementar la concentración de CO<sub>2</sub> al 0,10% en un sistema cerrado la tasa fotosintética se duplica. En diversos cultivos las tasas de fotosíntesis no se incrementan al aumentar la intensidad lumínica, sino que las concentraciones de CO<sub>2</sub> también se amplían, a medida que los estomas se cierran debido a condiciones de déficit hídrico (Gamboa, 2010).

- **Temperatura.**

La tasa de fotosíntesis a bajas intensidades de luz (20 lux), no ejerce un efecto notable, ya que la luz actúa como un factor limitante. La mayoría de las plantas, reducen su tasa fotosintética a temperaturas mayores de 40°C, esto se debe a que la tasa de transpiración supera a la tasa de absorción de agua, lo cual hay una reducción del potencial hídrico interno y a su vez disminuye la presión de la turgencia de la célula, lo cual hay un cierre estomático para así evitar la deshidratación del tejido (Gamboa, 2010). Además, las temperaturas excesivamente altas estimulan una desnaturalización de la enzima Rubisco, encargada de la fijación del CO<sub>2</sub> atmosférico en el mesófilo de las hojas, provocando que la fotosíntesis se disminuya o sea nula (Lira, 2007).

- **Disponibilidad del agua.**

El mayor problema de la reducción del agua en la planta es que afecta el intercambio de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ , originando que haya una disminución drástica en la fotosíntesis, esto se debe a la necesidad del recurso agua para mantener un elevado potencial hídrico del protoplasma. La pérdida de agua en los tejidos afecta directamente los procesos fotosintéticos, tanto las reacciones primarias de transporte de electrones y los eventos bioquímicos como la actividad enzimática en las reacciones secundarias (Gamboa, 2010).

El efecto principal en la reducción del agua es la disminución del potencial hídrico de las células oclusivas de los estomas, originando un cierre de los mismos e interrumpiendo el flujo de  $\text{CO}_2$  al interior de las hojas (Gamboa, 2010).

### **6.11. Curvas de luz.**

La luz es un recurso que puede resultar crítico para las plantas limitando su crecimiento y reproducción. Mediante la fotosíntesis se logra obtener buena información sobre las adaptaciones vegetales a la luz de su entorno. Las curvas de luz resultan importantes, permitiéndonos conocer el punto de compensación de la luz, que explica las diferentes propiedades fisiológicas de las plantas de sol y de sombra. El punto de compensación de la luz para plantas de sol es de  $10\text{-}20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , mientras que para las plantas de sombra esta entre  $1\text{-}5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Las tasas respiratorias bajas parecen representar una adaptación básica que permite a las plantas de sombra sobrevivir en ambientes con limitaciones de luz (Taiz & Zeiger, 2006).

La mayoría de las hojas sometidas a curvas de luz, logran saturarse entre 500 y 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; las hojas pocas veces utilizan la luz solar por completo, las plantas poseen una estructura tal que unas hojas hacen sombra a otras (Taiz & Zeiger, 2006). Mediante las curvas de luz se puede determinar el punto de compensación de la luz, donde el intercambio de gases es cero debido a un equilibrio entre la respiración y la fotosíntesis. El punto de compensación de la luz se da una proporcionalidad entre la PAR y la tasa fotosintética donde la velocidad de la eficiencia en la toma de  $\text{CO}_2$  está limitada por las reacciones de luz. A pesar que la PAR aumenta, el  $\text{CO}_2$  solo aumenta ligeramente hasta que es constante, punto que se denomina punto de saturación por luz. (Larcher, 2003).

### **6.12. La eficiencia del uso del agua (EUA).**

El agua es un recurso natural vital para la vida, las limitaciones en disponibilidad de este recurso están afectando cada día más a la población y a la agricultura mundial. La utilización del agua en sistemas agrícolas constituye una prioridad fundamental. La producción agrícola, necesita cada vez más asegurar unos rendimientos mínimos para ser una actividad viable, y el riego se hace cada vez más imprescindible para obtener altos rendimientos de los cultivos. La EUA es la relación entre gramos de aguas transpirados por un cultivo y gramos de materia seca producidos, esta eficiencia varía de acuerdo al tipo de cultivo, arquitectura de las hojas, tiempo de apertura estomática y la resistencia estomática, debido a que mientras la planta absorbe el CO<sub>2</sub> para realizar la fotosíntesis, se pierde agua por transpiración (Medrano *et al*, 2007). El objetivo de mejorar la eficiencia del uso del agua en las plantas, es de alcanzar mayores resultados con una menor cantidad de agua (Foro de Expertos de Alto Nivel, 2009).

### **6.13. Fenología.**

La descripción detallada de las etapas de crecimiento de plantas útiles seguido por codificación adecuada facilita la comunicación entre los científicos y los prácticos si, por ejemplo, los nuevos hallazgos de la ciencia tienen que ser transferidos a los procedimientos de gestión o si experiencias realizadas en un sitio creciente tendría que ser adaptado a otro.

### **6.14. Tipos de cacao.**

#### **▪ Forasteros o Amazónicos.**

Carrión (2012) menciona que este cacao tiene su origen en la zona amazónica (Perú, Ecuador y Brasil), es por este motivo que es conocido como cacao amazónico, proporcionan el 80% de la producción mundial, se adapta y el más resistente al ataque de plagas, su grano presenta poco aroma, por lo que se debe realizar un intenso tueste con el objeto de obtener el sabor y aroma a quemado de los chocolates.

#### **▪ Criollos o Nativos.**

Este cacao se lo ha logrado adaptar a diversas zonas del mundo, presenta como desventaja la susceptibilidad a las plagas y además una baja productividad. Como característica presenta un follaje poco denso, mazorcas grandes, almendras de tamaño mediano con cotiledones claros que presentan un aroma a chocolate, acompañado por

un sabor de nuez suave (Egas, 2010). Es un cacao de gran calidad, cuyas características lo hacen apetecido para la fabricación de los chocolates más finos, por su bajo contenido de taninos (Carrión, 2012).

- **Cacao Nacional.**

Es una variedad tradicional del Ecuador, durante muchos años ha sido considerada como un cacao forastero, las características genéticas y morfológicas que presenta lo asemejan al genotipo criollo. Su calidad y aroma floral, combinado con perfiles de frutas y otros sabores lo convierten en la principal materia prima utilizada para producir los mejores chocolates del mundo, recibiendo el nombre de cacao fino de aroma o arriba (Paredes, 2004). Sus almendras poseen cotiledones marrones que desarrollan aquel sabor único y exquisito, una vez que pasa el proceso de fermentación y secado (Egas, 2010).

- **Trinitario.**

Carrión (2012) menciona que este cacao tiene su origen en la Isla de Trinidad, es el resultado del cruce entre el cacao forastero y criollo, dicho cruzamiento dio lugar a diferentes tipos de cacao con características intermedias de los dos grupos genéticos. Su calidad es intermedia, ocupan del 30 al 40% de la producción mundial. En el grupo los trinitarios encontramos al clon CCN-51, el cual es una mezcla de forastero con trinitario.

## VII. MATERIALES Y METODOS.

### a. Ubicación.

La presente investigación se realizó en la Hacienda La Teodomira, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en la parroquia Lodana, cantón Santa Ana, provincia de Manabí, localizada geográficamente a 01°09' de latitud sur y 80°21' de longitud oeste con una altitud de 60 msnm. Temperatura media anual de 25°C, humedad relativa del 82% y una precipitación promedio anual 550 mm año<sup>-1</sup> (INAMHI, 2016).

### b. Manejo de la investigación.

Los diferentes clones se sembraron en macetas con capacidad de 270 litros, y se llenaron con una mezcla de la relación 3:1:1 (suelo, arena y materia orgánica), se realizó un análisis de suelo y agua al iniciar la investigación.

### c. Características edafológicas.

Las características físico-químicas del suelo (Anexo 11; pág. 88) donde se realizó la investigación se presentan a continuación:

El análisis de suelo físico químico detalla que la clase textural es franco-arcilloso, con un pH prácticamente neutro (7,1), medio en materia orgánica (M.O), y con una conductividad eléctrica de 0,23 dS/m. La disponibilidad de nitrógeno (N) es media, por el contrario, fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), azufre (S), cobre (Cu), molibdeno (Mn) y boro (B) se encuentran en concentraciones altas en el suelo, mientras que el zinc (Zn) y el hierro (Fe) se encuentran en concentraciones medias en el suelo.

En cuanto a las características del agua presento una baja salinidad, apta para el riego, aunque podrían existir problemas solamente en suelos de muy baja permeabilidad (Anexo 10; pág. 87).

### d. Características agronómicas de los clones en estudio.

**Cuadro 3:** Características de producción y tolerancia de las principales enfermedades los clones evaluados.

Características.	Clones			
	CCN-51.	EET-103	EET-575.	EET-576.
Arquitectura.	Erecto.	Erecto.	Semi-erecto.	Semi-erecto.
Compatibilidad.	Auto compatible.	Auto compatible.	Auto compatible.	Auto compatible.
Índice de grano.	1.4 gr	1.5 gr.	1.2	1.3
Semillas por mazorca.	42		41	39
Rendimiento Kg/ha/año	3232	2529	1210	963
Reacción a Moniliasis ( <i>Moniliophthora roreri</i> )	Susceptible.	Tolerante.	Tolerante.	Tolerante.
Reacción a Escoba de bruja ( <i>Moniliophthora perniciosa</i> Stahel)	Med. Tolerante.	Susceptible.	Tolerante.	Tolerante.
Reacción a mal del machete	Tolerante.	Tolerancia alta.	Tolerante.	Tolerante.

#### e. Diseño experimental.

En el trabajo realizado se utilizó un diseño de parcelas divididas, completamente aleatorizado con 4 niveles, 4 clones y 4 repeticiones, obteniendo 16 tratamientos y un total de 64 unidades experimentales, la unidad experimental estuvo conformada por una planta, la parcela principal fueron los 4 niveles de agua y las sub-parcelas los cuatros clones (EET-103, EET-575, EET-576, CCN-51).

Los datos fueron obtenidos mediante un análisis de varianza por medio del procedimiento ANOVA con el Software Estadístico InfoStat (versión 2018e) y la comparación de medias se efectuó  $\leq$  mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ).

Los tratamientos consistieron en la aplicación de los cuatros diferentes niveles de agua que se aplicaron a los tanques plásticos, donde estuvieron sembradas las plantas de cacao y éstas estaban ubicadas bajo una cubierta de plástico de 5 metros de altura.

Los niveles de agua se estimaron de acuerdo a cada (Kc) y son los siguientes:

$$N1 = Kc1 \times ET_0 = 100\% ET_0 \text{ (Control)}$$

$$N2 = Kc0.8 \times ET_0 = 80\% ET_0$$

$$N3 = Kc0.6 \times ET_0 = 60\% ET_0$$

$$N4 = Kc0.4 \times ET_0 = 40\% ET_0$$

$Kc$  = Coeficiente de cultivo

$ET_0$  = Evapotranspiración de referencia

El riego se realizó manualmente midiendo con una probeta la cantidad de agua para cada tratamiento, en función a la Evapotranspiración del cultivo y los coeficientes en estudios, el área del tanque se determinó con la siguiente ecuación (1).

A = volumen donde "A" será el área transversal del tanque:

$$A = \pi r^2$$

$$A = \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \left(\frac{73,8cm}{2}\right)^2 = (36,9 cm)^2$$

$$A = \pi r^2 = (3.1416) (1361,61)$$

$$A = 4,277.62 cm^2/10.000m^2$$

$$A = 0,43 m^2$$

#### **f. Variables evaluadas.**

- Fotosíntesis (A).
- Curva de luz.
- Crecimiento: Diámetro de tallo (DT) y Altura de planta ( $A_p$ ).
- Tasa de crecimiento; DT y  $A_p$ .

#### **g. Registro de variables climáticas.**

Durante el tiempo que duro el experimento, se registró la radiación solar, temperatura máxima y mínima, velocidad del viento y humedad relativa, con una estación meteorológica ubicada en el mismo lugar donde se encontraba la investigación.

Para la determinación de la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) esta se calculó por medio del Software Cropwat 8.0 dado por la fórmula de Penman Monteith FAO (1998), usando los datos requeridos de la estación meteorológica anteriormente mencionados, con el valor de evapotranspiración de referencia se procedió al cálculo de la evapotranspiración del cultivo multiplicando este factor por cada ( $K_c$ ) de cada tratamiento.

#### **h. Evaluaciones fisiológicas.**

Las evaluaciones fisiológicas, tasa de fotosíntesis y conductancia estomática, se determinaron con un equipo portátil LICOR 6400 XT de sistema abierto, regulando la intensidad de luz con lámparas complementarias para realizar la curva de luz respectiva.

**i. Fotosíntesis (A).**

Previamente a la realización de la lectura de las variables, se efectuó una prueba con el fin de calibrar el equipo, para así evitar posibles errores en la toma de datos. La lectura de fotosíntesis (A) se realizó con un sistema cerrado de intercambio de gases LI-6400XT (LI-COR Portable Photosynthesis System) con una Densidad de Flujo de fotones fotosintéticos (DFP  $500\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), T° Hoja de 25°C,  $400\mu\text{mol mol}^{-1}$  de CO<sub>2</sub> y una PAR (Radiación Fotosintéticamente Activa) de 600 ( $\mu\text{mol}$  cuantos de luz).

Durante todo el experimento se realizó solo una lectura (10 meses luego de haber inducidos los tratamientos), la cual se registró la fotosíntesis (A) en tres repeticiones por niveles y en los cuatros clones, con un total de 48 unidades experimentales evaluadas. Las mediciones se realizaron sobre la cuarta hoja madura contada desde el ápice hacia la base entre las 09:00 a 11:00 am.

**j. Curvas de Fotosíntesis (A) vs Densidad de flujo fotónico (DFP).**

Se realizaron curvas de A en función de la DFP (A/DFP), sobre la cuarta hoja madura (adulta y expandida) contada desde el ápice hacia la base con el sistema cerrado de intercambio de gases LI-6400XT (LI-COR Portable Photosynthesis System), variando la DFP desde los 1200 hasta los 0  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  en nueve pasos consecutivos (PAR=1200-900-600-400-200-100-50-0). Se esperó a que la A se estabilizara para así registrar el dato correspondiente a cada valor. Las medidas se ejecutaron a  $400\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de CO<sub>2</sub>, y una T° Hoja de 28°C.

Se utilizó el programa SigmaPlot 12.5 para el ajuste de las curvas.

**k. Diámetro de tallo (DT) y Altura de planta (A<sub>p</sub>).**

La altura de planta (A<sub>p</sub>) se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la rama más alta, se utilizó un flexometro y una regla de madera; la regla de madera se colocaba desde la base en forma vertical y después con el flexómetro se utilizaba de forma vertical desde la regla hasta la rama más alta (cm), para la toma de diámetro de tallo (DT) se utilizó un Calibrador digital (STAINLESS  $\pm 0,02\text{mm}/0,0011\text{N}$  (<100MM)), la

toma de datos se la efectuó una vez por mes desde que se establecieron las plantas en el ensayo.

**1. Tasa de crecimiento: Diámetro de tallo (DT) y Altura de planta (A<sub>p</sub>).**

Las mediciones de la tasa de crecimiento, se realizaron cada mes desde el inicio del experimento hasta la finalización del ensayo, con metodologías no destructivas. El diámetro del tallo se midió con un calibrador digital STAINLESS, marcando una zona del tallo en donde se realizarían todas las mediciones de esa variable a lo largo del experimento y la altura de planta se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la rama más alta, se utilizó un flexometro y una regla de madera.

Para sacar la estimación del aumento en tasa de crecimiento para el diámetro de tallo y altura de planta se utilizó la siguiente formula dada por Jaimez (2018):

Tasa de crecimiento = Mes 2 – Mes 1

Ejemplo de diámetro de tallo:

Mayo 2017 – Abril 2017

17,84 – 15,64 = **2,2 mm** de aumento en el DT

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

### 8.1. Clima.

Las propiedades termodinámicas influyen en los intercambios de energía que hay entre la vegetación y atmósfera. Tradicionalmente el cacao se ha sembrado bajo sombrío donde el dosel de los arboles reducen la radiación solar, Este proceso al transcurrir el día modifica los factores climáticos, y crea microclimas, la cual es variable dependiendo de las intensidades climáticas.

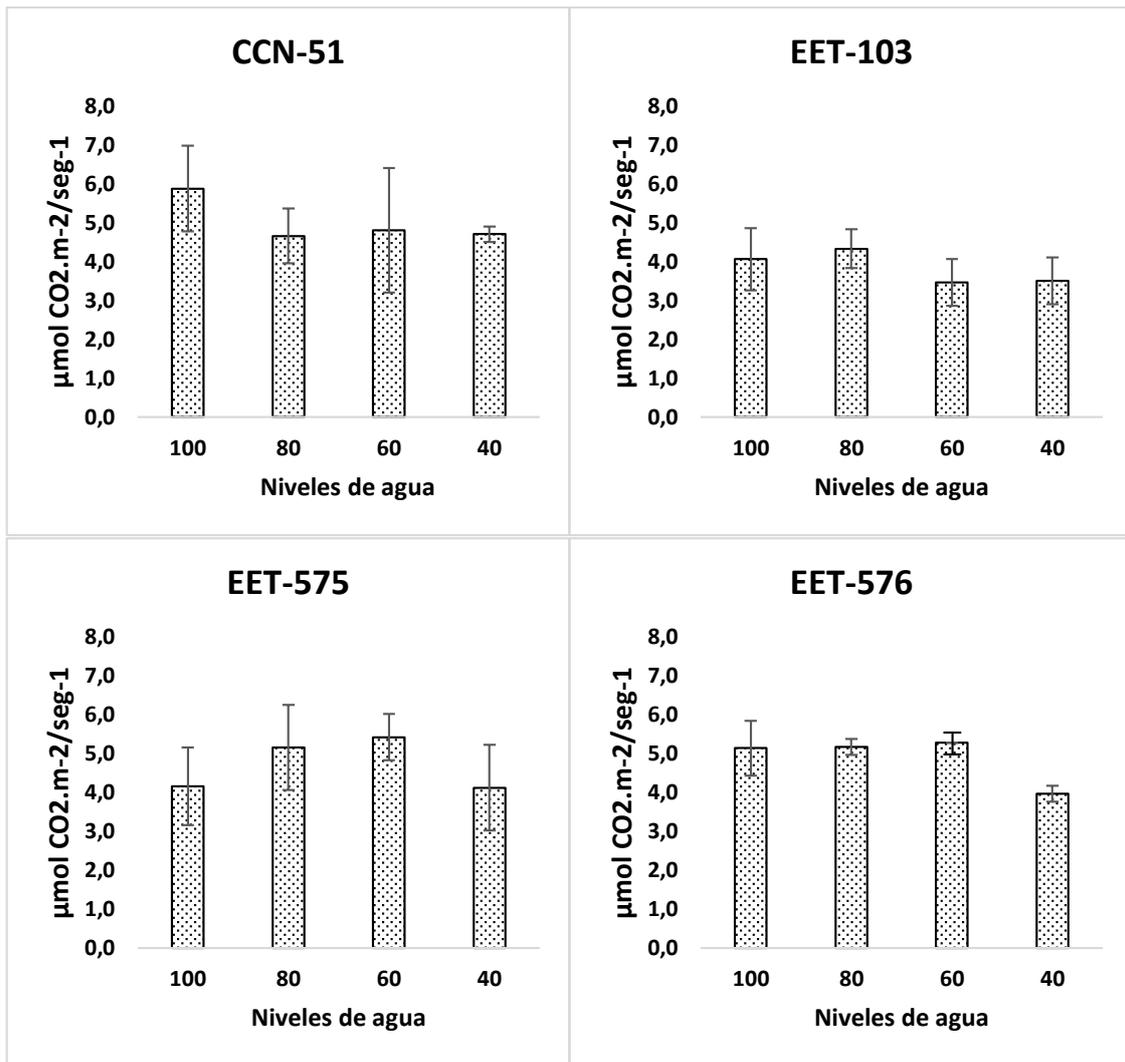
**Cuadro 4.** Promedios mensuales de: Insolación, Viento, Humedad Relativa (HR) y Temperatura (Max y Min), durante el tiempo que duro el experimento.

Año	Meses	Variables Meteorológicas				
		T. Min (°C)	T. Max (°C)	H.R (%)	Viento (km/día)	Insolación (Horas)
2017	Julio	19,3	30,5	80,0	339,0	2,6
	Agosto	19,6	30,7	78,0	374,0	3,6
	Septiembre	21,3	31,4	76,7	373,7	3,6
	Octubre	22,0	31,1	76,4	416,1	3,1
	Noviembre	20,9	31,2	76,0	425,2	4,2
	Diciembre	21,3	31,0	78,3	352,2	1,8
2018	Enero	21,4	32,0	77,0	397,2	3,2
	Febrero	22,4	30,3	84,4	256,8	2,7
	Marzo	22,3	31,4	82,4	302,9	3,8
	Abril	21,8	31,8	79,4	296,9	4,9
	X	21,23	31,14	78,86	353,4	3,35

Dentro de los valores correspondientes a la temperatura máxima, se observa que el mes de Abril presentó la mayor temperatura (32,0°C), mientras que la temperatura mínima de mayor intensidad se registró en el mes de Febrero (22,4°C). En lo que concierne a la HR esta no presento diferencia, la cual la media registrada durante todo el experimento fue de 78,86%, mientras que los valores del Viento e Insolación fueron de 353,4 km/h y 3,35 W/m<sup>2</sup> respectivamente para cada valor.

### 8.2. Intercambio de gases.

### 8.3. Fotosíntesis (A).



**Figura 1: Respuesta de tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> (A) en los clones CCN-51, EET-103, EET-575 y EET-576 a 4 niveles de riego, a una DFF (Densidad de Flujo Fotónico) de 600 mmol/m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>, las líneas en las barras representan el error estándar.**

Con una DDF (Densidad de Flujo Fotónico) de 600 ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), la respuesta de clones de *Theobroma cacao* L, presentó un incremento en medida que el agua disponible (AD) aumenta, los clones CCN-51 y EET-103 presentaron tasas de asimilación de CO<sub>2</sub> similares con rangos que comprendían los 3,51 hasta los 5,88  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}/\text{seg}^{-1}$ , siendo los niveles 60AD y 40AD quienes reportaron los valores más bajos. El clon EET-575 mantuvo una tasa fotosintética muy similar para los cuatros niveles de riego con valores de 4,12 a 5,45  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}/\text{seg}^{-1}$ , mientras que el clon EET-576 el valor más bajo lo reporto el 40AD (3,96  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}/\text{seg}^{-1}$ ), mientras que el 100AD, 80AD

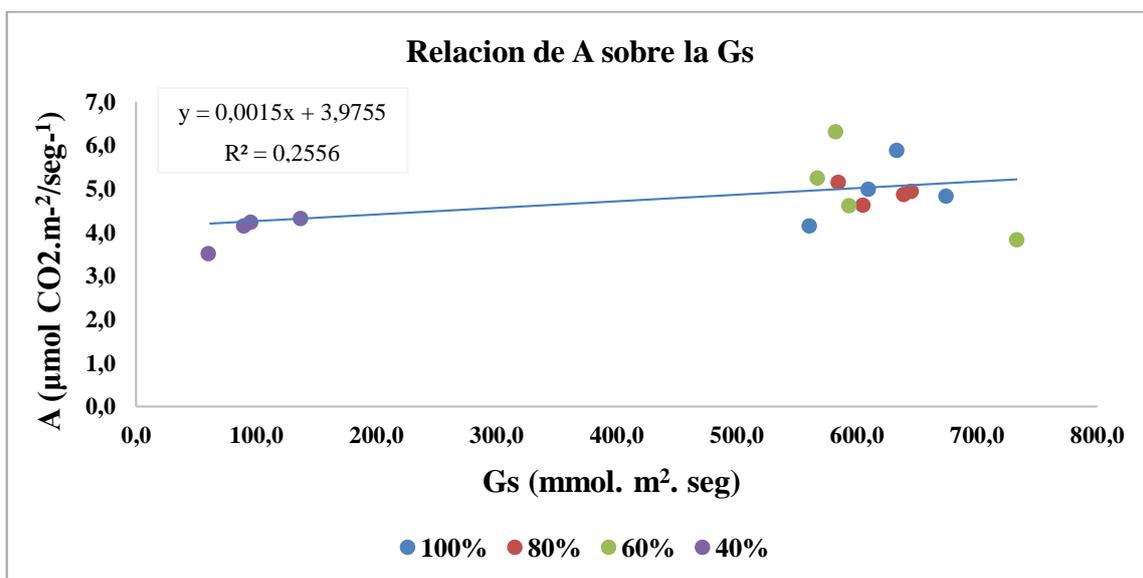
y 60AD mantuvieron su tasa fotosintética muy similar (5,14, 5,17 y 5,27  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}/\text{seg}^{-1}$ ).

García (2014), reporta que A en clones de cacao presentó un aumento a medida que aumenta el agua disponible (AD) del suelo. Para la A los mayores valores se alcanzó en los tratamientos con restitución al 100 y 75 AD, mientras que los tratamientos con mayor déficit de humedad en el suelo 50 y 0 AD reportaron valores más bajos.

En un experimento realizado por Tezara *et al* (2009), en cultivares de cacao Chuao, Margarita y Guasare, mostro que la A obtuvo valores muy superiores en época lluviosa en comparación a la época seca, lo cual demuestra que el agua es un factor importante ya que de él depende el crecimiento, el desempeño fotosintético y la EUA.

Trabajos realizados por Jaimez *et al* (2008), en accesiones de cacao tipo criollo (Porcelana y Guasare) mostraron que la tasa de asimilación de fotosíntesis esta entre 4 y 4,4  $\mu\text{mol m}^{-2}/\text{seg}^{-1}$  para la época lluviosa, mientras que para la época seca las tasas de asimilación se reducen a valores de 2,4 y 3  $\mu\text{mol m}^{-2}/\text{seg}^{-1}$ , tal disminución se debe al cierre estomático.

En un trabajo realizado por Rada *et al* (2005) en *Theobroma cacao* var. Guasare bajo períodos de déficit hídrico encontraron valores máximos de tasas de fotosíntesis entre 1,5 y 2,2  $\mu\text{mol m}^{-2}/\text{seg}^{-1}$  en todos los tratamientos; así mismo en cultivares de cacao pertenecientes a la colección nacional del Campo Experimental Padrón, Venezuela, Pereyra *et al* (2007), encontraron tasas de fotosíntesis de 1,4 a 5,4  $\mu\text{mol m}^{-2}/\text{seg}^{-1}$ .

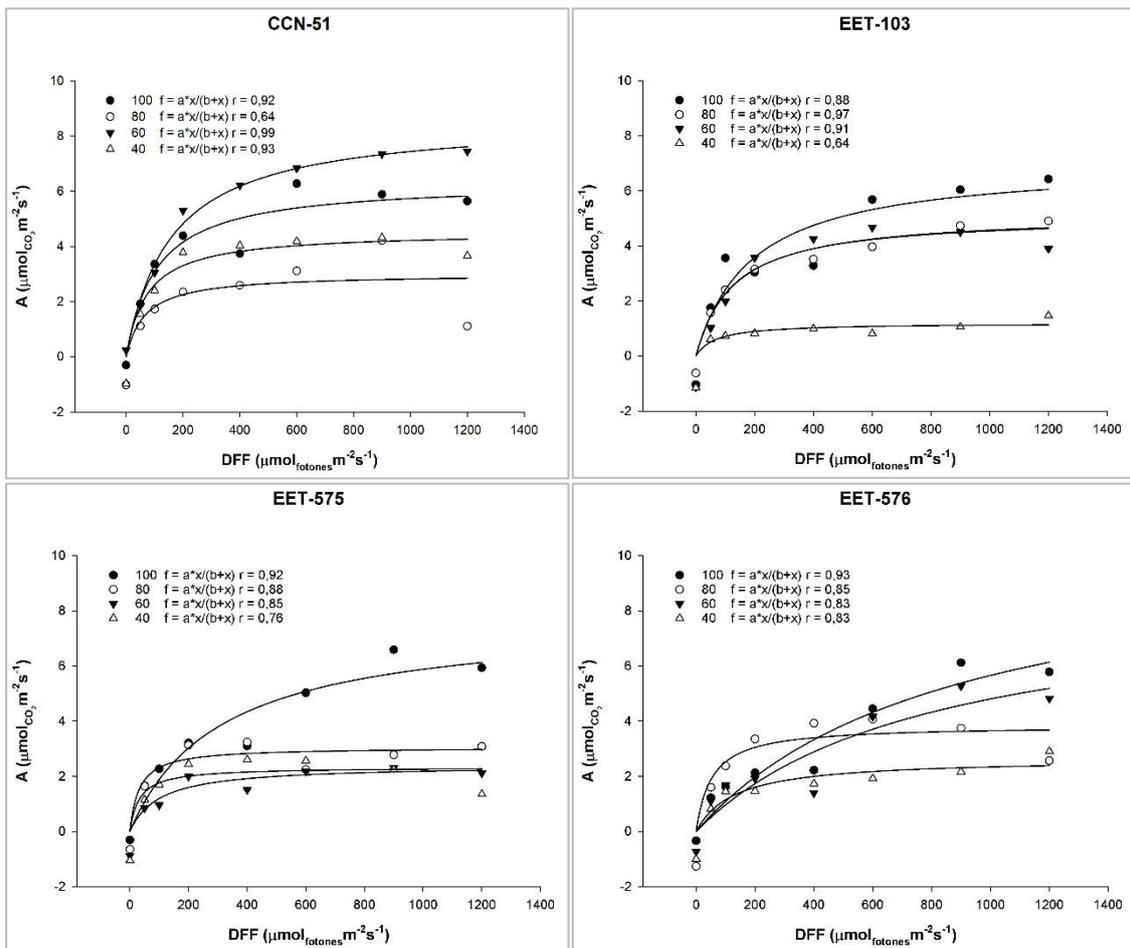


**Figura 2: Relación de la tasa fotosintética (A) sobre la Conductancia estomática (Gs) en los clones CCN-51, EET-103, ETT-575 y ETT-576.**

Medrano *et al* (2002) y Chaves *et al* (2010), evaluaron la fotosíntesis (A) y la conductancia estomática (Gs) en cultivo de viñedo, sometido a diferentes regímenes hídrico, la cual encontraron una fuerte correlación entre la A y Gs y es debida al cierre estomático, ya que constituye una de las primeras respuestas de la planta al estrés hídrico.

Yuste & Vicente (2013), en un trabajo realizado en cultivo de viñedo determinaron que la conductancia y la fotosíntesis mostraron diferencias entre los tratamientos aplicados y que la tasa de fotosíntesis y conductancia aumentaba al tener una mayor disponibilidad de agua, mientras que las plantas que estaban sometidas a mayor estrés hídrico presentaban valores más bajos de A sobre la Gs.

**8.4. Curvas de Fotosíntesis (A) vs Densidad de flujo fotónico (DFF).**



**Figura 3: Comportamiento de la fotosíntesis (A) sobre la DDF (Densidad de flujo fotónico) en los clones CCN-51, EET-103, EET-575 y EET-576 a cuatro niveles de riego (100%, 80%, 60% y 40%).**

Los valores de curva de luz, están agrupados por clones, cada clon contiene los 4 niveles de humedad (100%, 80%, 60% y 40%). En los valores de CCN-51, respondió mejor con el 60% de humedad logrando obtener fotosíntesis de  $7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , seguido del 100% ( $6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) y el 40% ( $4 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), mientras que valor más bajo correspondió a el 80% de humedad con una fotosíntesis de  $3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , de acuerdo a estos valores, se puede deducir que el CCN-51 es más eficiente en fotosíntesis con un nivel de agua del 60%, respondiendo bien a condiciones de estrés hídrico con un 40% de humedad, se observó una DFF saturante para la A de alrededor de  $600 \text{ a } 900 \mu\text{mol}_{\text{fotones}} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  para todos los niveles.

En el clon EET-103, en el 100% de humedad se obtuvo el mayor valor de fotosíntesis con  $6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , seguido del 80% ( $5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), 60% ( $4,5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) y por último el 40% ( $3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); con respecto a estos valores, podemos mencionar que este clon es muy eficiente en fotosíntesis con un 100% de humedad en el suelo (capacidad de campo), por lo contrario, es muy susceptible a niveles bajos de humedad en el suelo (déficit hídrico), la saturación estuvo entre  $600 \text{ a } 900 \mu\text{mol}_{\text{fotones}} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  para todos los niveles a excepción del 40% de humedad en el cual el DFF estuvo a los  $200 \mu\text{mol}_{\text{fotones}} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

En lo que respecta al EET-575, el 100% de humedad fué con el cual se obtuvo el valor más alto de fotosíntesis ( $7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), después el 80% ( $3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), 40% ( $2,5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) y por último 60% ( $2 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), con estos valores obtenidos, podemos decir que este clon responde bien con un 100% de humedad (capacidad de campo), en contraste, los niveles inferiores de humedad en el suelo influyen negativamente en la fijación de  $\text{CO}_2$ ; el nivel de saturación fluctuó entre  $200 \text{ y } 900 \mu\text{mol}_{\text{fotones}} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

En el EET-576, el nivel de humedad que mayor fotosíntesis se logro fue en el 100% con  $6 \mu\text{mol}_{\text{CO}_2} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , después el 60% ( $5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), 80% ( $4 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) y 40% ( $3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); la saturación estuvo entre  $600 \text{ y } 900 \mu\text{mol}_{\text{fotones}} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

Los resultados de la mayores tasa de fotosíntesis en este trabajo no coinciden con estudios realizados por Zuidema *et al.*, (2006), donde aplicaron un modelo de

crecimiento y producción fisiológica para el cacao obteniendo una tasa de fotosíntesis foliar máxima de  $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

Los valores de curvas de luz son similares a estudios realizados a campo abierto por Barrera, 2006; Vespa, 2008 en los cuales encontraron que plantas de cacao tipo criollo, forastero y trinitario, se saturan a densidades de flujos fotónicos que oxilan entre 400 y  $600 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , haciendo que la asimilación de  $\text{CO}_2$  no sean superior a los 6 y  $7 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

Los resultados de tasas de fotosíntesis coinciden con trabajos realizados por Gamboa (2010), donde notó que el efecto de las condiciones hídricas del suelo sobre el intercambio gaseoso y el crecimiento en plantas de cacao sometidas a estrés hídrico, presentaron valores inferiores de tasas de fotosíntesis en comparación con el 100% de humedad. Lo cual puede deberse, en gran medida, a un cierre estomático, provocado, quizás, por la acumulación de ABA en las células oclusivas o por el incremento de la resistencia de la capa de aire circundante de la hoja.

**Cuadro 5.** Parámetros derivados de las curvas A/DFF de cuatro clones de cacao: tasa de fotosíntesis a DFF saturante (ADFFsat), eficiencia cuántica aparente ( $\Phi\text{CO}_2$ ), tasa de respiración en oscuridad (RD) y punto de compensación de luz (PCL).

Clon	Nivel	RD	$\phi\text{CO}_2$	PCL	A <sub>max</sub>
CCN-51	40%	-0,71	0,0017	42	3,35
	60%	-	-	-	7,99
	80%	-0,83	0,008	20	3,30
	100%	-0,18	0,025	14	7,76
EET-103	40%	-	-	-	5,29
	60%	-0,15	-0,018	8,49	4,20
	80%	-0,55	-0,057	10,65	6,08
	100%	-0,86	-0,07	12,5	4,73
EET-575	40%	-0,59	-0,011	51	1,65

	<b>60%</b>	-0,55	-0,003	21	1,72
	<b>80%</b>	-	-0,009	25	5,72
	<b>100%</b>	-0,84	-0,006	26	4,84
	<b>40%</b>	-0,85	-0,001	-	-
<b>EET-576</b>	<b>60%</b>	-0,89	-0,005	80	4,26
	<b>80%</b>	-0,86	-0,015	50	2,71
	<b>100%</b>	-0,81	-0,006	13,9	5,34

**RD:** Tasa de respiración ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ).

**$\phi\text{CO}_2$ :** Eficiencia cuántica aparente (mmol/ $\mu\text{mol}$ ).

**PCL:** Punto de compensación de la luz ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ).

**Amox:** Tasa de fotosíntesis vs DDF.

El CCN-51 con los 4 niveles de humedad, el 100% de humedad obtuvo el máximo valor de Rd con  $-0,18 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , y el menor valor lo reportó el 80% con  $-0,83 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; en la eficiencia cuántica aparente el 100% obtuvo el valor más alto con 0,025 mmol/ $\mu\text{mol}$ , mientras que el 80% fue el valor más inferior con 0,008 mmol/ $\mu\text{mol}$ ; el valor más alto de Pcl lo consiguió el 40% con  $42 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , por el contrario el 100% fue el valor más bajo con  $14 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; en la Amox el 60% reportó el valor más alto con  $7,99 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , y el menor valor fue para el 80% con  $3,30 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

En el EET-103, el mayor valor de Rd lo reportó el nivel 60% ( $-0,15 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) y el menor valor fue para el 100% ( $-0,86 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); en la eficiencia cuántica aparente el valor más alto se evidenció en el 100% con  $-0,07$  y el menor valor se notó en el 80%  $-0,057$ ; el valor más alto de Pcl se observó en el 100% con  $12,5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , mientras que el menor valor fue para el 60% con  $8,49 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; el menor valor de Amox lo reportó el 60% con  $4,20 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , y el mayor valor correspondió al 80% con  $6,08 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

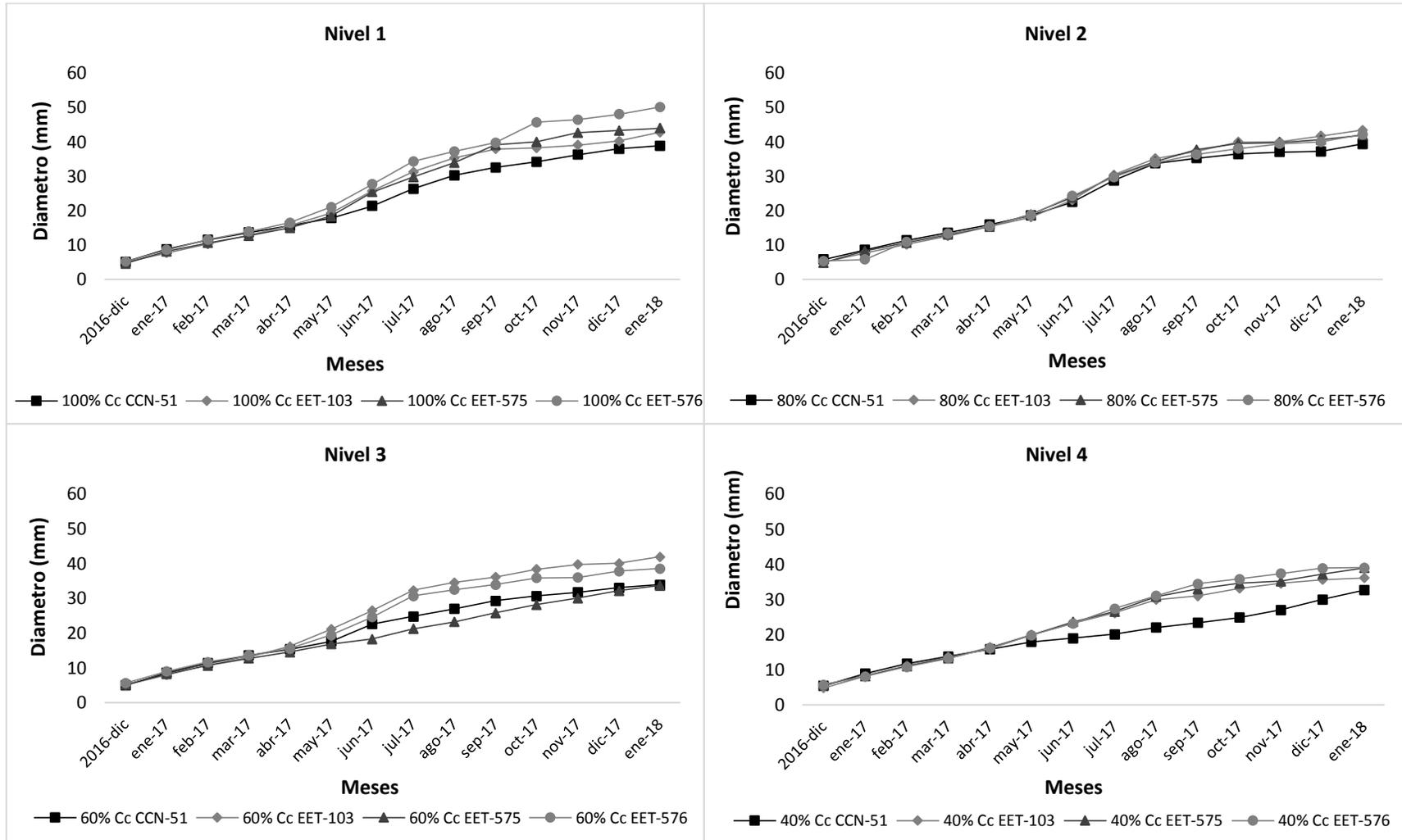
En el EET-575, el mayor valor de Rd se observó en el 60% con  $-0,55 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , mientras que el menor valor se notó en el 100% con  $-0,84 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; en la eficiencia cuántica aparente el mayor valor se obtuvo en el 60% con  $-0,003$ , y el menor valor

correspondió al 40% con  $-0,011$ ; el valor más alto de Pcl se notó en el 40% con  $51 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , por el contrario el menor se observó en el 60% con  $21 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; en la Amox el 80% reportó el máximo valor con  $5,72 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , y el menor valor se notó en el 60% con  $1,72 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

En el EET-576, el mayor valor de Rd lo reportó el 100% con  $-0,81 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , mientras que el menor valor se notó en el 60% con  $-0,89 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; en la eficiencia cuántica aparente el mayor valor se notó en el 40% con  $-0,001$ , mientras que el valor inferior se observó en el 80% con  $-0,015$ ; el valor máximo de Pcl correspondió al 60% con  $80 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  y el menor valor se evidenció en el 100% con  $13,9 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; el valor máximo de Amox se evidenció en el 100% con  $5,34 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  y el inferior se observó en el 80% con  $2,71 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

Los valores obtenidos en este trabajo presentan similitud con los resultados obtenidos por De Almeida *et al* (2017), la cual evaluaron las características fotosintéticas de cuatro clones de cacao (415, 439, 443 y 447) en un sistema agroforestal en Barlovento, edo. Miranda, encontrando que las mayores tasas de fotosíntesis intensidades de luz saturante (ADFFsat) se encontró en el clon 439 y las menores en el 415. La menor RD se midió en 415, mientras que la mayor se obtuvo en 447. El clon 415 presentó las menores ADFFsat y  $\Phi\text{CO}_2$ ; mientras que, no se encontraron diferencias significativas en la RD y el PCL entre los clones de cacao. Las bajas ADFFsat, RD, PCL y altos  $\Phi\text{CO}_2$  encontrados en los clones estudiados son característicos de plantas de sombra como se ha reportado en otros cultivares de cacao venezolano y cacaos Forasteros.

### 8.5. Diámetro de tallo (mm).



**Figura 4: Diámetro de tallo (DT) a 4 niveles de riego: nivel 1 (100%), nivel 2 (80%), nivel 3 (60%) y nivel 4 (40%).**

Los resultados de diámetro de tallo (DT), en los cuales el nivel de 100% de humedad el clon que mayor diámetro de tallo se observó fue en el EET-576 con 50,17 mm, seguido de los clones EET-103 y ETT-575 que coincidieron en el diámetro de tallo (44 mm) y el menor dato correspondió al CCN-51 con 38,86 mm. En el 80% de humedad, el mayor diámetro del tallo correspondió a los clones EET-103, ETT-575 y 576 los cuales presentaron similitud en el diámetro alcanzando 42,18 mm, el CCN-51 fue el clon que menor diámetro se observó con 39,37 mm.

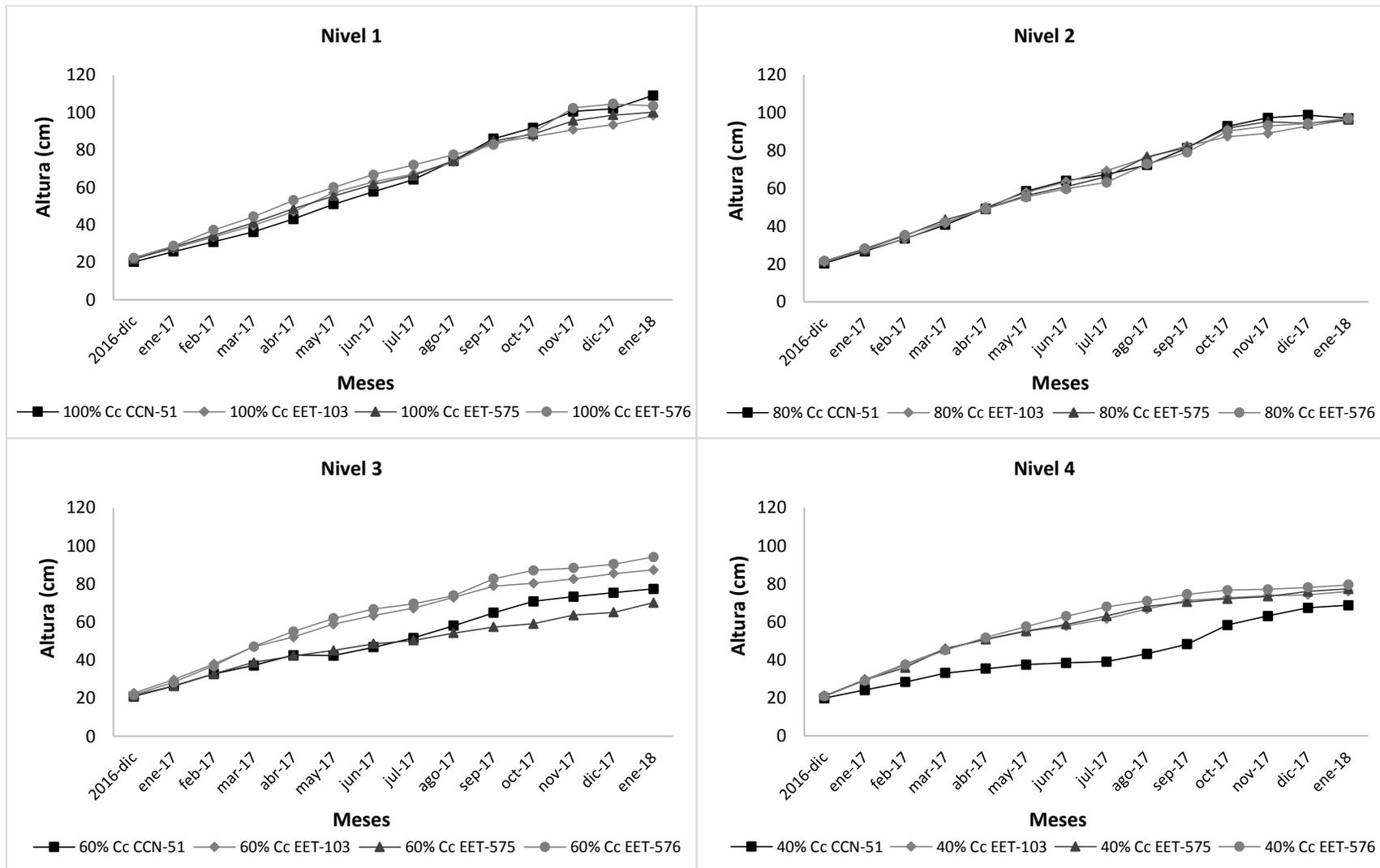
El 60% de humedad el mayor diámetro de tallo correspondió al clon EET-103 con 41,95 mm, seguidos del EET-576 con 38,56 mm, EET-575 y CCN-51 coincidieron con 33,66 mm de diámetro de tallo. En el 40% de humedad, los clones EET-575 y EET-576 presentaron similitud con 39,05 mm, el EET-103 con 36,12 mm, el menor dato correspondió al CCN-51 con 32,67 mm. En este nivel fue en el que menor diámetro se observó.

Al final del ensayo, se evidenciaron reducciones como incremento en el diámetro del tallo para los clones en estudio, el CCN-51 al 80AD (agua disponible) reportó un aumento del 1,2 mm en comparación para el 100AD, mientras que para el 60 y 40 AD, presentaron disminuciones del 12,85 y 15,93 mm. Para el clon EET-103, el 80AD obtuvo un aumento del 1,40 mm en contraste al 100AD, mientras que el 60 y 40 AD, obtuvieron reducciones de 1,87 y 15,7 mm. Así mismo para el EET-575 y EET-576 reducciones que iban de los 4,55 mm (80AD) de diámetro de tallo hasta los 23,40 (60 y 40AD).

Estos resultados presentan similitud con investigaciones realizadas por Gamboa (2010) la cual observaron que con un 100% de humedad del suelo el diámetro de tallo era mayor, por lo contrario, a medida que aumentaba el déficit hídrico el diámetro de tallo era menor, lo que sugiere que el déficit afecta negativamente el diámetro del tallo en el cultivo de cacao.

Los resultados del CCN-51 coinciden con trabajos realizados por Gamboa (2010), mostrando que el diámetro del tallo en el CCN-51 presentó diferencias entre tratamientos, sin limitantes hídricas, a medida que se incrementa el estrés hídrico, se reduce su crecimiento.

### 8.6. Altura de planta (cm).



**Figura 5: Altura de planta ( $A_p$ ) a 4 niveles de riego: nivel 1 (100%), nivel 2 (80%), nivel 3 (60%) y nivel 4 (40%).**

Al final del ensayo se pudo encontrar diferencia en altura de planta ( $A_p$ ) para los tratamientos de agua disponible (AD), sin embargo no se encontró diferencia entre los clones evaluados por tratamiento de agua disponible (clones x AD). El tratamiento al 100% AD, fue el que presento los valores mayores con una media entre clones de 103 cm, siendo el CCN-51 quien tuvo la  $A_p$  máxima (109 cm). Para el caso de los tratamientos al 80% y 60% de AD, estos presentaron comportamiento similares en  $A_p$ , con intervalos que iban de los 70 a 97 cm, sin embargo la media general de  $A_p$  fue de 97 y 82,13 para cada tratamiento respectivamente. Para el tratamiento al 40% de AD, se notó una disminución muy perceptible en cuanto a la altura con una media de 75, 3 cm, lo cual da a notar que mientras la intensidad del estrés hídrico va aumentando va a generar una disminución en su crecimiento.

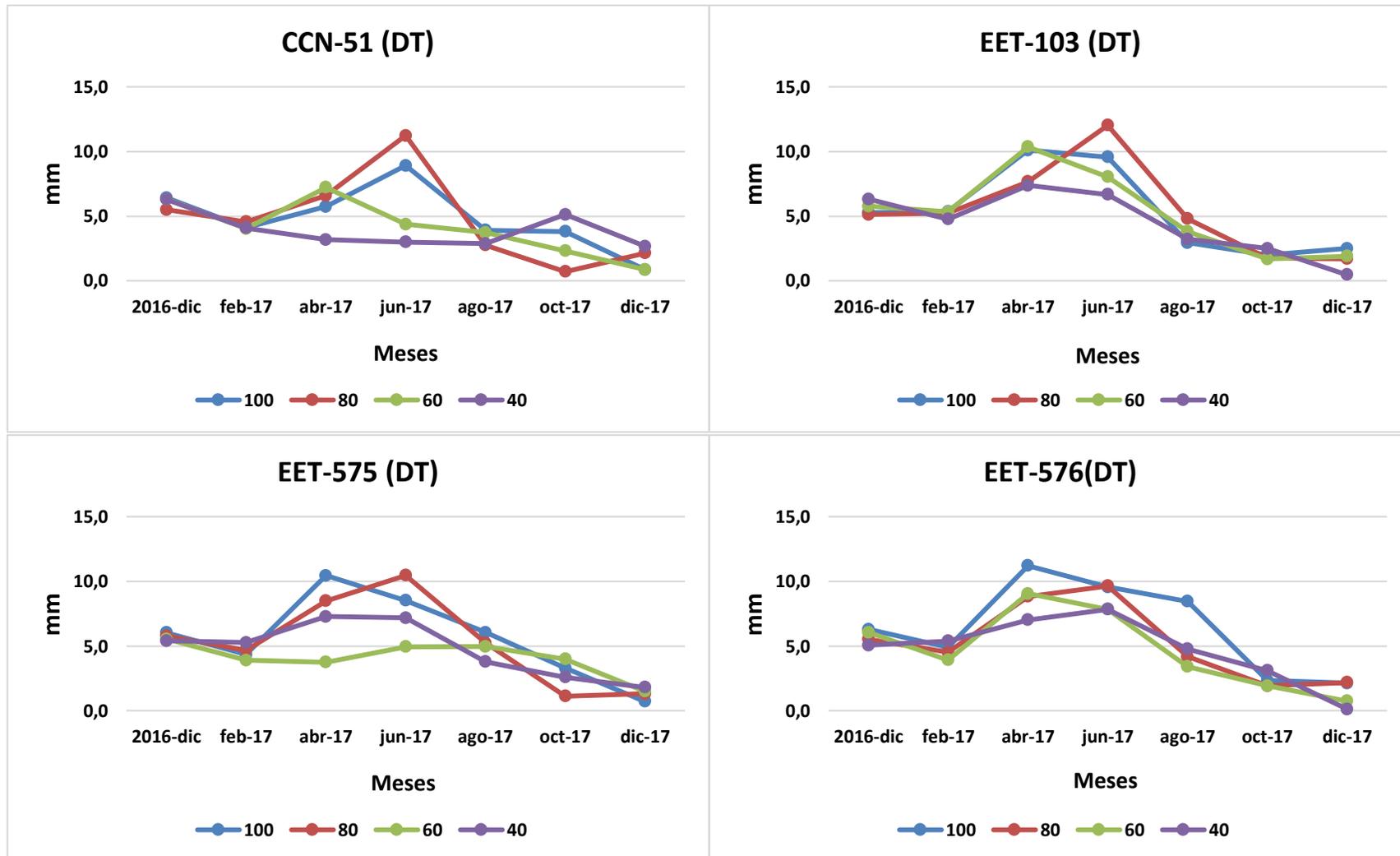
Durante los primeros 6 meses después del trasplante (ddt), la  $A_p$  presento un comportamiento muy similar (clones x AD), ya que todavía no se habían inducidos los tratamientos, sin embargo al final del ensayo (7 meses después de la inducción) se pudo determinar que el 100% de AD fue mucho mayor que los tratamiento al 80, 60 y 40AD. El clon CCN-51 al 80AD presento una disminución del 11,01% de  $A_p$  en relación al nivel de AD más alto (100%), seguido por los niveles 60 y 40AD, la cual reportaron disminuciones del 29,09 y 37 % respectivamente. El EET-103 presentó disminuciones del 2,04% para el 80AD, 11, 19% para el 60AD y 22, 68% para el 40AD, mientras que los clones EET-575 y EET-576 reportaron reducciones que iban de 3,7% (80AD) hasta 30% (60 y 40 AD) de  $A_p$ .

Un estudio realizado por García (2014), en clones de cacao a diferentes niveles de déficit hídrico, demuestra que hubo diferencias estadísticas para los tratamientos de agua disponible con relación a la altura de planta ( $A_p$ ), el tratamiento al 100AD presentó los valores mayores en AP, en relación a los otros tratamientos, así mismo en el transcurso en el que el déficit hídrico se iba acentuando a partir de los 120 ddt la altura disminuyo en los tratamientos 75, 50 en relación al 100 AD, mientras que el tratamiento 0AD tuvo una reducción del 36,3%, datos que revelan similitud con los resultados demostrados en este trabajo.

Así mismo Gamboa (2010), en un trabajo realizado en plantas de *Theobroma cacao* reporto que al altura de planta presento diferencias entre los tratamientos, en donde le tratamiento 100 mostro una mayor altura, reduciéndose de acuerdo a la intensidad del estrés hídrico, o cual reporta una similitud con el ensayo realizado.

El crecimiento es uno de los principales procesos fisiológicos sensibles a la sequía (Anjum *et al.*, 2011; Hessini *et al.*, 2009; Istanbuluoglu *et al.*, 2009; Orchard y Saltos., 1987; Shao *et al.*, 2008), los tratamientos más limitantes en humedad (40 y 60 AD) redujeron el tamaño individual, la longevidad y finalmente el número de hojas. Esto puede ser atribuible en primer lugar a la reducción de la presión de turgencia (Anjum *et al.*, 2011). Es conocido que la expansión de células sólo puede ocurrir cuando la presión de turgencia es mayor que el límite dado por la pared celular, por lo que el estrés hídrico suprime en gran medida la expansión y el crecimiento celular. La reducción en el tamaño de tallos y ramas también se han reportado como limitante en la fase inicial de establecimiento en plántulas de *Albizia*, *Erythrina*, *Eucalyptus microtheca*, cítrus y papa (Shao *et al.*, 2008).

8.7. Tasa de Crecimiento: Diámetro de tallo (DT).



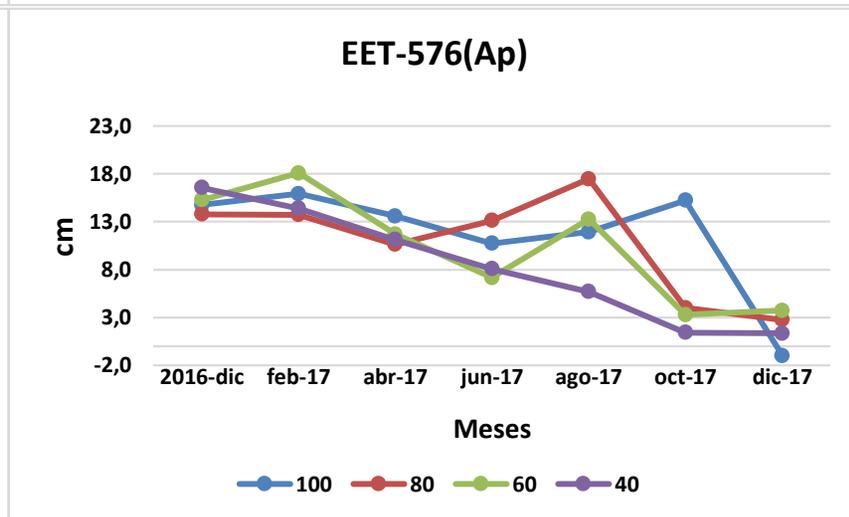
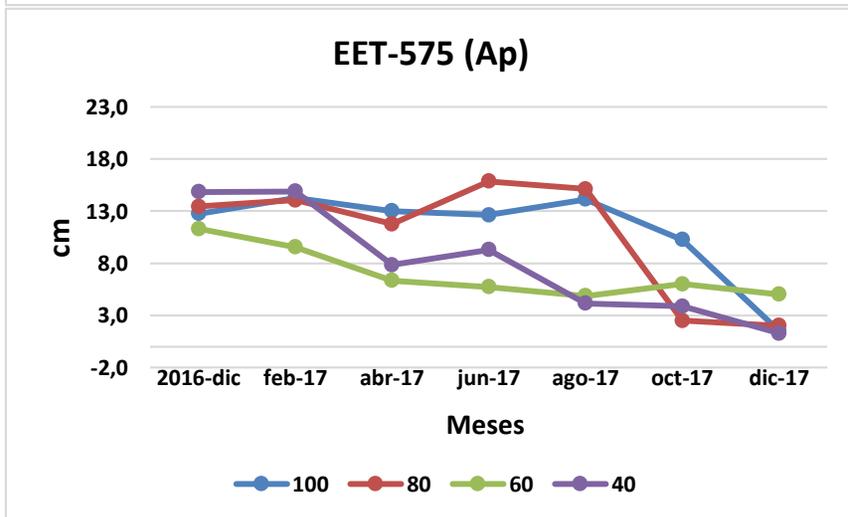
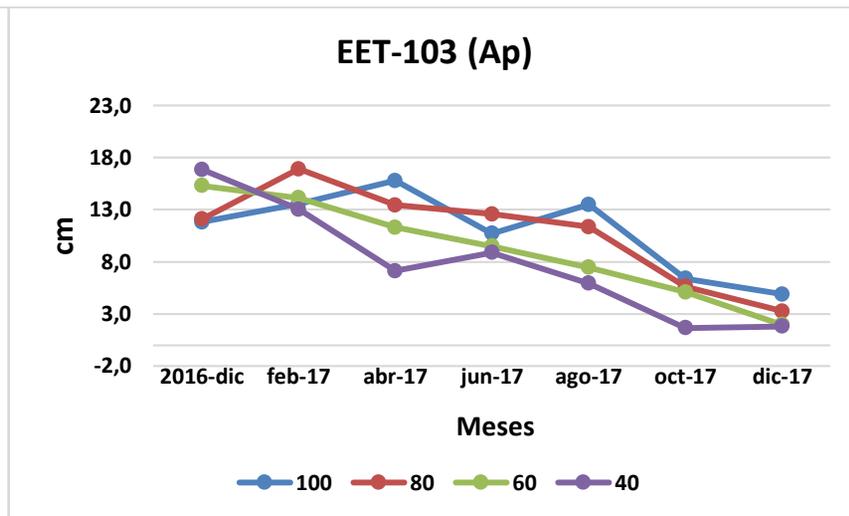
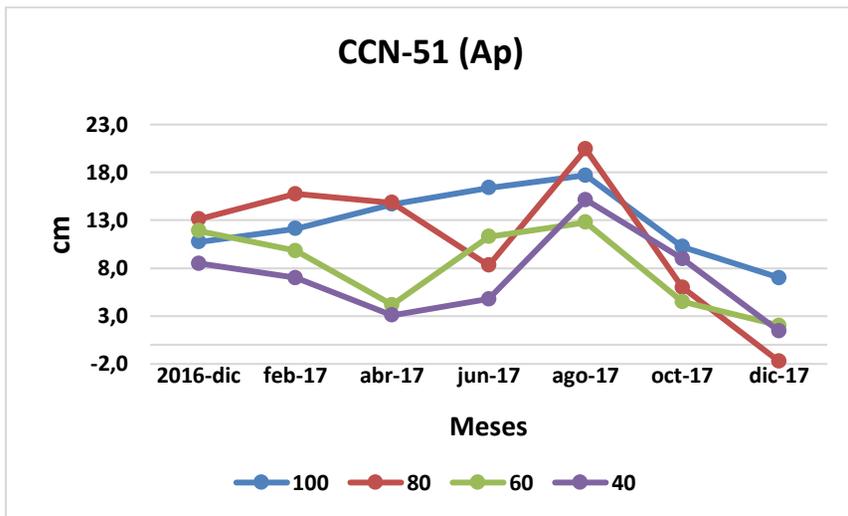
**Figura 6: Tasa de crecimiento en relación al diámetro de tallo (DT) en los clones CCN-51, EET-103, EET-575 y EET-576 a 4 niveles de riego: nivel 1 (100%), nivel 2 (80%), nivel 3 (60%) y nivel 4 (40%).**

Los resultados de las tasas de crecimiento presentaron similitud en los clones en estudio, sin embargo el 40AD (agua disponible), fue el que presento los valores más bajo en sus tasas de crecimiento en todos los clones en comparación con el tratamiento 100AD.

Los clones CCN-51, EET-103, EET-575 y EET-576 con el tratamiento 100AD fue el que presento mayor diámetro, seguido por el tratamiento 80AD y 60AD.

Estudio realizado por Gamboa (2010), en clones CCN-51, ICS 60 y ICS 95, muestran similitud con los datos reportados en este trabajo donde demostraron que la tasa de crecimiento es menor en comparación con el tratamiento 100AD, y que mientras se valla intensificando el déficit hídrico la tasa de crecimiento va disminuyendo.

8.8. Tasa de Crecimiento: Altura de planta (A<sub>p</sub>).



**Figura 7: Tasa de crecimiento en relación a la altura de planta ( $A_p$ ) en los clones CCN-51, EET-103, EET-575 y EET-576 a 4 niveles de riego: nivel 1 (100%), nivel 2 (80%), nivel 3 (60%) y nivel 4 (40%).**

Los resultados de las tasas de crecimiento presentaron similitud en los clones en estudio, sin embargo el 60AD y 40AD (agua disponible), fueron los que presentaron los valores más bajo en sus tasas de crecimiento en todos los clones en comparación con el tratamiento 100AD.

Los clones CCN-51, EET-103, EET-575 y EET-576 con el tratamiento 100AD y 80AD fueron los que presentaron mayor altura, seguido por el tratamiento 60AD.

Estudio realizado por Gamboa (2010), en clones CCN-51, ICS 60 y ICS 95, muestran similitud con los datos reportados en este trabajo donde demostraron que la tasa de crecimiento es menor en comparación con el tratamiento 100AD, y que mientras se valla intensificando el déficit hídrico la tasa de crecimiento va disminuyendo en cuanto al altura y diámetro de tallo.

## IX. CONCLUSIONES.

1. La disminución gradual de los contenidos de agua en el suelo, afectó las tasas fotosintéticas debido a la disminución de la apertura estomática, lo cual se ve limitado el intercambio gaseoso, generando una menor asimilación de CO<sub>2</sub>, el tratamiento 40% AD fue el que presentó las menores tasas fotosintéticas, siendo el clon EET-103 quien obtuvo los valores más bajos antes.
2. En la determinación de la respuesta de las curvas de luz a los diferentes contenidos de humedad del suelo, se evidenció que los máximos valores de fotosíntesis obtenidos se lograron con los máximos niveles de humedad en el suelo.
3. Las deficiencias en las tasas de fotosíntesis se ven reflejadas en el desarrollo de las plantas, los clones bajo el tratamiento 40% AD mostraron una reducción del 27% de altura de planta ( $A_p$ ) y 16,5 % de diámetro de tallo (DT) con relación al valor medio obtenido al 100 % AD en el suelo. Se presentaron tasas de crecimiento bajas en los tratamientos de 60 y 40 AD, con relación al 80 y 100AD donde los clones obtuvieron una tasa de crecimiento mucho mayor.

## **X. RECOMENDACIONES.**

Previo a la instalación de clones de *Theobroma cacao*, se debe tener en cuenta la localización de una fuente hídrica, ya que este cultivo es altamente demandante en agua.

Realizar investigaciones acerca de las relaciones hídricas en las diferentes zonas de Manabí debido a que el cacao es uno de cultivos de mayor área sembrada, para así determinar la cantidad de agua que este requiere y que este responda de una mejor manera con el fin de incrementar la producción en nuestro medio.

Que la Universidad o la Facultad cuente con los equipos propios para poder realizar estos ensayos, ya que alquilando o prestando a otras instituciones, ya sean públicas o privadas, se dificulta la toma de datos de acuerdo al cronograma de actividades de la investigación.

Realizar investigaciones en condiciones de campo (época seca y época lluviosa).

Realizar estudios con otros clones en diferentes localidades de la provincia de Manabí para tener referencia de cómo responde estos clones en estudio u otros clones con similares características.

## XI. LITERATURA CITADA.

- Acheampong K., Hadley P., & Daymond A. J. (2013). Photosynthetic activity and early growth of four cacao genotypes as influenced by different shade regimes under West African dry and wet season conditions. *Experimental Agriculture* 49(1), 31-42.
- Almeida, A. A. F. D., & Valle, R. R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 425-448.
- Almeida, A., Brito, R., Aguilar, M., y Valle, R. (2002). Water relations aspects of *Theobroma cacao* L. clones. *Agrotrópica* 14, 10.
- ANECACAO. (2015). Historia del cacao. Ecuador: Autor. Disponible en URL: <http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html> [consultado 20 de enero de 2018].
- Anjum, S. A., Xie, X.-Y., Wang, L., Saleem, M. F., Man, C., y Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research* 6. pp. 2026-2032.
- Araque O., Jaimez R. E., Tezara W., Coronel I., Urich R., & Espinoza W. (2012). Comparative photosynthesis, water relations, growth and survival rates in juvenile Criollo cacao cultivars (*Theobroma cacao*) during dry and wet seasons. *Experimental agriculture*, 48(4), 513-522.
- Ashraf, M., Akram, N., Al-Qurainy, F., & Foolad, M. (2011). Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. In *Advances in Agronomy* (Vol. 111, pp. 249-296). Academic Press.
- Avalos, E; Ronning, C; Schnell, R. (2012). Allozyme diversity in a germplasm collection of *Theobroma cacao* L. *J Hered* 85: 291–295.
- Ávila-Lovera E., Coronel I., Jaimez, R., Urich R., Pereyra G., Araque O., Chacón I. & Tezara, W. (2016). Ecophysiological traits of adult trees of Criollo cocoa cultivars (*Theobroma cacao* L.) from a germplasm bank in Venezuela. *Experimental Agriculture*, 52(1), 137-153.
- Azcon-Bieto, J., & Talon, M. (2000). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*.
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2008). "Fundamentos de fisiología vegetal" (2 ed.). Mc Graw Hill/Interamericana de España.
- Balásimha, D & Daniel, E (1988). Influence of environmental factors on photosynthesis in cocoa trees. *Agricultural and Forest Meteorology*, 55(1-2), 15-21.

- Baligar, V., Bunce, J. A., Machado, R. C. R., & Elson, M. (2008). Photosynthetic photon flux density, carbon dioxide concentration, and vapor pressure deficit effects on photosynthesis in cacao seedlings. *Photosynthetica*, 46(2), 216.
- Banco Central del Ecuador. (2016). Cultivo de Cacao en el Ecuador.
- Barrera, G. (2006). Respuestas de la clorofila A y la fotosíntesis al déficit hídrico y diferentes condiciones de luz en dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.). Trabajo especial de grado. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 66 p.
- Carrión, J. (2012). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51, Jama-Manabí (Bachelor's thesis, Quito, 2012).
- Chang, J. C., Lin, T. S. (2007). Gas exchange in litchi under controlled and field conditions. *Scientia Horticulturae*, 114(4), 268-274.
- Chaves, M.M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J.M., Santos, T., Regalado, A.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M. (2010). Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Annals of Botany*, 105, 661-676.
- De Almeida, A. A. F. D., & Valle, R. R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19(4), 425-448.
- De Almeida, A. A., & Valle, R. R. (2010). Cacao: ecophysiology of growth and production. *Ecophysiology of Tropical Tree Crops. FUVF Fabio Damatta Dept. Of Plant Biology, Vicosa, Brazil*, 37-70.
- De Almeida, J. (2012). Respuesta ecofisiológicas de cacao (*Theobroma cacao* L.) a diferentes intensidades lumínicas. Caracas, Venezuela.
- De Almeida, J; Ávila, E; Jaimez, R; Araque, O, Movil, O; Gonzales, R; Tezara, W. (2017). Características fotosintéticas de cuatro clones de cacao en un sistema agroforestal en Barlovento, edo. Miranda. Investigación y Saberes, Vol. 3, No 3.
- Deng, X., Joly, R. J., & Hahn, D. T. (1989). Effects of plant water deficit on the daily carbon balance of leaves of cacao seedlings. *Physiologia Plantarum* 77(3), 407-412.
- Duran, R. (2012). Cultivo y explotación del cacao. Colombia: Grupo Latino primera edición.

- Egas, J. (2010). Efecto de la inoculación con *Azotobacter sp.* En el crecimiento de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao*), genotipo nacional, en la provincia de Esmeraldas. Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero Agroindustrial. Ecuador-Quito, 4.
- Enríquez, Gabriel. (2004). Manual de Cacao Orgánico: guía para productores Ecuatorianos. Manual N° 54. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito. 360 p.
- FAO/OMS. (2014). Comisión del Códex Alimentarius. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias CX/CF 15/9/6. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS). Diciembre de 2014. Consultado 20 de enero de 2018: [ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/ccc/cf09/cf09\\_06s.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/ccc/cf09/cf09_06s.pdf).
- Foro de Expertos de Alto Nivel. (2009). Cómo alimentar al mundo en 2050. [www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues\\_papers/HLEF2050](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf) Global Agriculture.pdf
- Franco, C. (2016). Fungicidas protectantes para el control de *Monilia (Moniliophthora roreri Cif & Par)* en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) EET-103 Y CCN-51. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ing. Agrónomo. Quevedo-Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Freire, M. D. (1993). Efeitos da irrigação complementar no rendimento do cacauzeiro *Theobroma cacao*, USP Tese de mestrado. ESALQ, Piracicaba, São Paulo-Brasil.
- Gamboa Alape, M. (2010). Efecto de las condiciones hídricas del suelo sobre el intercambio gaseoso y el crecimiento en plantas de *Theobroma cacao* (Bachelor's thesis).
- García, J. (2014). Caracterización de las respuestas fisiológicas y bioquímicas en tres clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) sometidos a diferentes niveles de déficit hídrico (Doctoral dissertation. Universidad Nacional de Colombia).
- Habib-Ur-Rehman, A., & Muhammad, A. (2005). Photosynthesis under Drought Stress "Handbook of photosynthesis". M. Pessarakli.
- Hernández. (2006). Intercambio gaseoso en Clones *Theobroma cacao* L sometidos a moderado déficit hídrico creciendo en diferentes niveles irradiación. Bucaramanga, Colombia.

- Hessini, K., Martínez, J. P., Gandour, M., Albouchi, A., Soltani, A., y Abdelly, C. (2009). Effect of water stress on growth, osmotic adjustment, cell wall elasticity and water-use efficiency in *Spartina alterniflora*. *Environmental and Experimental Botany* 67, 312-319.
- Huxley, P. (2001). Multipurpose trees: biological and ecological aspects relevant to their selection and use. *ECOSYSTEMS OF THE WORLD*, 19-74.
- ICCO Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XLIII, No. 3, Cocoa year 2016/17.
- ICCO. (2012). The world cocoa economy: past and present. One hundred and forty-second meeting. EX/146/7. [http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat\\_view/30-relateddocuments/45-statistics-other-statistics.html](http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/30-relateddocuments/45-statistics-other-statistics.html)
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (2016). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. Superficie, producción y ventas, según región y provincia. Cacao (almendra seca).
- INFOCACAO: Ciencia y Tecnología al servicio del sector cacaotero. (2015). N° 5, Diciembre.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). (2009). Requerimientos nutricionales del cultivo de cacao. BOLETIN TECNICO 135- INIAP, Consultado el 14 de ene. del 2018. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/57699596/19/Requerimientos-nutricionales-del-cultivode-cacao>.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). (2010). Manual Agrícola de los principales cultivos del Ecuador. Consultado el 13 de ene. del 2018. Disponible en: <http://www.crystal-chemical.com/cacao.htm#CACAO>.
- Istanbulluoglu, A., Gocmen, E., Gezer, E., Pasa, C., y Konukcu, F. (2009). Effects of water stress at different development stages on yield and water productivity of winter and summer safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Agricultural Water Management* 96, 1429-1434.
- Jaimez R. E., Araque O., Guzman D., Mora A., Espinoza W., & Tezara, W. (2013). Agroforestry systems of timber species and cacao: survival and growth during the early stages. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)*, 114(1), 1-11.
- Jaimez, R; Tezara, W; Coronel, I; Urich, R. (2008). Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento

en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, Año XLII, Volumen 52(2) JULIO-DICIEMBRE, 2008, pp. 253-258.

- Jdey, A., Slama, I., Rouached, A., & Abdelly, C. (2014). Growth, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, osmolyte accumulation and lipid membrane peroxidation of two provenances of *Cakile maritima* during water deficit stress and subsequent recovery. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 209(1), 54-62.
- Khan, M., Patterson, G., & Matlick, B. (1987). Effect of supplemental water supplied through drip irrigation on cocoa yield at hummingbird Hershey. *Proceedings 10th International Coca Research Conference*, (págs. 185 – 191). Belize.
- Larcher, W. (2003). *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Springer Science & Business Media.
- Lira, R. (2007). *Fisiología vegetal*, 5: 59 -75.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador). (2001). *Identificación de mercados y Tecnología para Productos Agrícolas Tradicionales de Exportación*. p 3-7; 21-28; 76.
- MAGAP. (2014). *Boletín Situacional. Cacao*.
- MAGAP. (2017). *Boletines Zonales Integrales y Temáticos, Zona 4*.
- Matos F. S., Wolfgramm, R., Goncalves, F. V., Cavatte, P. C., Ventrella, M. C., & DaMatta, F. M. (2009). Phenotypic plasticity in response to light in the coffee tree. *Environmental and Experimental Botany*, 67(2), 421-427.
- Medrano, H., Bota, J., Cifre, J., Flexas, J., Ribas-Carbó, M., & Gulías, J. (2007). Eficiencia en el uso del agua por las plantas. *Investigaciones Geográficas* (Esp), (43).
- Medrano, H., Escalona, J.M., Bota, J., Gulías, J., Flexas, J. (2002). Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. *Annals of Botany*, 89, 895-905.
- Melgarejo, L. M., Hernández, S., Barrera, J., Solarte, M. E., Suárez, D., Pérez, L. V., Rojas, Y. A., Cruz Aguilar, M., Moreno Álvarez, L. G., y Crespo, S. (2010). "Experimentos en fisiología vegetal," Charlie's impresores Ltda., Bogotá.
- Mora, W; et al. (2012). *Catálogo de Clones seleccionados por el CATIE para siembras comerciales*. 1 ed. Turrialba, CR. CATIE. Serie Técnica no 105. 68p.
- Moser G., Leuschner, C., Hertel, D., Hölscher, D., Köhler, M., Leitner, D., Michalzik B., Prihastanti E., Tjitrosemito S., Schwendenmann, L. (2010). Response of cacao

trees (*Theobroma cacao* L.) to a 13-month desiccation period in Sulawesi, Indonesia. *Agroforestry Systems* 79(2), 171-187.

Motato, N; Cedeño, J. (2010). Caracterización Agroclimática de las Zonas Cacaoteras en Manabí. INIAP. Programa Cacao y Café. 141p.

Müller, Manfred & VALLE, Raúl. Meléndez, Raúl. (2012). (2 Ed). Brasil: Brasilia. DF. 688p.

Nicolás, D; José, R; Asunción, C; María, L. T; Maximilian, W. (2011). Hoja botánica : Cacao. (*Theobroma cacao* L.) (1era. Edic, Vol. 1). Lima Perú: Impreso por: Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C. Retrieved from [http://www.botconsult.com/downloads/Hoja\\_Botanica\\_Cacao\\_2012.pdf](http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf)

Nio, S. A., Cawthray, G. R., Wade, L. J., & Colmer, T. D. (2011). Pattern of solutes accumulated during leaf osmotic adjustment as related to duration of water deficit for wheat at the reproductive stage. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(10), 1126-1137.

Omaña, D. (2009). Puro cacao. UNESUR

Orchard, J. E., & Saltos M., R. (1987). The growth and water status of cacao during its first year of establishment under different methods of soil water management. pp. 193-198 En "Proceedings 10 International coca research conference", Santo Domingo, Dominican Republic.

Paredes, A. M. (2004). Ministerio de Agricultura Programa para el desarrollo de la Amazonia Proamazonía Manual de cultivo del cacao.

Pereyra, G. (2007). Eficiencia de uso de agua en diferentes cultivares de germoplasma de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Venezuela. Trabajo Especial de Grado, UCV.

Quintal Ortiz, W. C., Pérez-Gutiérrez, A., Latournerie Moreno, L., May-Lara, C., Ruiz Sanchez, E., & Martínez Chacon, A. J. (2012). Uso de Agua, potencial hídrico y rendimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq). *Revista fitotecnica mexicana*, 35 (2), 155-160.

Quintero, M. L., & Díaz Morales, K. M. (2004). El mercado mundial del cacao. *Agroalimentaria*, 9(18), 48-60.

Quiroz, J., & Amores, F. (2002). Rehabilitación de plantaciones tradicionales de cacao en Ecuador. *Manejo Integrado de Plagas*, 63:73-80.

- Quiroz, J; Agama, J. (2007). El Manejo del Cultivo del cacao. GTZ – ECORAE; 2002. Editorial PASQUEL. Edición I. – Marzo Quito Ecuador. 77 p. Ryugo, K. 1993. Fruticultura: Ciencia y Arte. México, AGT. 460 p.
- Rada, F., Jaimez, R. E., García-Nuñez, C., Azócar, A., & Ramírez, M. E. (2005). Water relations and gas exchange in *Theobroma cacao* var. Guasare under periods of water deficit. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(2), 112-120.
- Reynolds, C. E., A. Langenegger, J. Mani., N. Schenk., A. Zumsteg and V, Feller. (2010). Interactions between temperature, drought and stomatal opening in legumes. *Environ. Exp. Bot*, 68, 37-43.
- Rivera, Y; Cuenca, J; Romera, H. (2013). Efecto del anegamiento del suelo sobre la fisiología de plántulas de palma de aceite. Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite - Cenipalma ISSN 0123-8353. Colombia. 4p.
- Rodríguez, M. (2010). Manejo Técnico del Cultivo de Cacao en Manabí. Estación Experimental Portoviejo INIAP. Ecuador. 141p.
- Rojas F; E. Sacristán. (2013). Guía Ambiental para el Cacao. Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural. Federación Nacional de Cacaoteros. Segunda edición. 127 pp.
- Ruiz Erazo, X. A. (2014). Diversidad genética de cacao (*Theobroma cacao* L). con marcadores moleculares microsatélites. (Doctoral dissertation, Universidad Nacional De Colombia-Sede Palmira).
- Shao, H.-B., Chu, L.-Y., Jaleel, C. A., y Zhao, C.-X. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies* 331, 215-225.
- Silva, L. G. R. D., & Dillenburg, L. R. (2007). Water relations of tree species growing on a rock outcrop in the " Parque Estadual de Itapuã", RS. *Brazilian Journal of Botany*, 30(4), 703-711.
- Siqueira, P., Sena Gomes, A., Dias, L., & Souza, C. (1996). Efeito da irrigação na produtividade do cacauero (*Theobroma cacao* L.) em Linhares, ES, Brasil. In *INTERNATIONAL COCA RESEARCH CONFERENCE*, 12th.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). "Plant Physiology" (3 ed.). Sinauer Associates, Inc., Publishers.
- Taiz, L; Zeiger, E. (2006). Fisiología Vegetal. Volúmen 2. Book Print Digital S.A. 656p.
- Tay, L; Sounigo, O; Umaharan, R; Christopher, Y; Sankar, A; Ramdahin, Set (2007). Assessing the Genetic Diversity in the International Cocoa Genebank, Trinidad

(ICG, T) using Isozyme Electrophoresis and RAPD. *Genetic Resources and Crop Evolution* 52: 1111–1120.

- Tezara, W., Coronel, I., Urich, R., Marín, O., Jaimez, R., & Chacón, I. (2009). Plasticidad ecofisiológica de árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) en diferentes ambientes de Venezuela. In *III Congreso Latinoamericano de Ecología y IX Congreso de Ecología de Brazil. São Lorenço pp.* (pp. 1-5).
- Torres Gutiérrez, L. A. (2012). Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico (Bachelor's thesis).
- Turner, N. C., & Begg, J. E. (1981). Plant-water relations and adaptation to stress. *Plant and soil*, 58 (1-3), 97-131.
- Vespa, A. (2008). Relaciones hídricas e intercambio gaseoso en *Theobroma cacao* en dos tipos de suelos. Trabajo especial de grado. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 69 P.
- Vespa, M. (2003). Examining phenotypic relationships among Upper Amazon Forastero clones. St. Augustine, Trinidad and Tobago: Cocoa Research Unit, The University of the West Indies. 16 p.
- Yu, L; Setter, T. (2009). Comparative transcriptional profiling of placenta and endosperm in developing maize kernel in response to water deficit: *Plant Physiology*, v. 131, no. 2, p. 568-582
- Yuste, J; Vicente, A. (2013). Fotosíntesis, conductancia estomática y potencial hídrico: relación y respuesta como indicadores del estado hídrico del cv. Verdejo, sometido a diferentes regímenes hídricos en la D.O. Rueda. I Jornadas del Grupo de Viticultura y Enología de la SECH - Retos Actuales de I+D en Viticultura.
- Zuidema P., Leffelaar, P., Gerritsma, W., Mommer, L., Anten, P. (2006). A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao* L.): model presentation, validation and application. *Agricultural Systems* 84, 195-225.

## XII. ANEXOS

**Cuadro 6.** Datos de la ET0 (mm/día) mes de Julio 2017 (CROPWAT).

<b>ETo Penman-Monteith diaria</b>							
País Ecuador		Estación La Teodomira		Año 2017	60 msnm	Latitud 1 sur	Longitud 80 oeste
<b>JULIO DEL 2017</b>							
Días	T. Min °C	T. Max °C	H.R %	Viento Km/día	Insolación Horas	Rad MJ/m2/día	Eto Mm/día
1	22	29,5	80	269	1,7	10,6	3,1
2	19	31	80	376	2,2	11,3	3,63
3	20	32,5	75	488	6,2	16,9	5,15
4	20	28	81	222	1,2	9,9	2,72
5	20	30	76	306	1,2	9,9	3,42
6	19,4	32	77	269	3,5	13,1	3,83
7	20	28,5	85	316	0,4	8,9	2,6
8	19	32	76	404	7,5	18,7	4,99
9	20	28,5	85	316	0,4	8,9	2,6
10	20	31	79	356	3,5	13,2	3,86
11	20,2	32	77	303	1,6	10,6	3,62
12	19,8	31	81	299	2,2	11,4	3,36
13	20,6	32,5	77	275	2,7	12,1	3,76
14	18,2	31	68	305	0,3	10,6	4,11
15	19	29	81	320	4,1	8,8	2,92
16	19	30,5	84	448	0,9	14,1	3,73
17	19	29,5	82	358	3,6	9,7	3,09
18	19,2	30,5	78	298	0,8	13,5	3,75
19	19,6	28	84	231	3,5	9,5	2,56
20	18,2	31,5	80	297	0,3	13,4	3,74
21	20	28,5	81	358	4	8,9	2,97
22	18	29	82	491	8	14,1	3,78
23	18	32,5	78	447	5,4	19,8	5,18
24	19	30	78	436	0,2	16,2	4,35
25	18,6	30,5	81	383	0,1	8,8	2,34
26	19	28,5	87	233	2,7	8,7	2,34
27	19,2	30,5	79	381	0,1	12,4	3,8
28	19	28	85	279	5,7	8,7	2,5
29	19	31,5	74	402	0,1	16,7	4,86
30	19	29,5	80	320	1,3	10,4	2,34
31	18,6	30,5	80	324	3,5	13,6	3,74
<b>Pro.</b>	19,3	30,5	80	339	2,6	12	3,57

**Cuadro 7.** Datos de la ET0 (mm/día) mes de Agosto 2017 (CROPWAT).

<b>ETo Penman-Monteith diaria</b>								
País Ecuador		Estación La Teodomira		Año 2017		60 msnm	Latitud 1 sur	Longitud 80 oeste
<b>AGOSTO DEL 2017</b>								
<b>Días</b>	<b>T. Min</b>	<b>T. Max</b>	<b>H.R</b>	<b>Viento</b>	<b>Insolación</b>	<b>Rad</b>	<b>Eto</b>	
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m2/día	Mm/día	
1	20	29,5	77	246	1,1	10,2	3,16	
2	19,2	33	76	418	5,5	16,6	4,96	
3	20,5	30,5	81	385	2,9	12,8	3,7	
4	20	31,5	71	439	5,2	16,2	5,16	
5	19	32,5	80	384	6,2	17,7	4,64	
6	19	30	79	337	1,1	10,3	3,39	
7	19,6	30,5	78	375	1,9	11,5	3,76	
8	19	29	78	337	1,5	10,9	3,43	
9	19	32,5	76	623	8,1	20,6	5,63	
10	19	31,5	79	415	4,5	15,4	4,38	
11	18,4	31	78	380	5,5	16,9	4,48	
12	19	32	77	483	8	15,4	5,36	
13	19	29	76	360	0,2	20,6	3,44	
14	20	32	77	378	4,2	9,1	4,46	
15	19	28,5	79	301	1,7	15	3,29	
16	19,2	31,5	74	500	7,3	11,4	5,48	
17	20	32,5	75	385	2,4	19,7	4,38	
18	19,2	31,5	76	422	3,7	12,4	4,53	
19	18,6	33,5	79	446	9,3	14,4	5,67	
20	19,6	30,5	76	440	3,6	14,3	4,43	
21	21	29	78	306	0,3	9,4	3,17	
22	20	28,5	89	220	1,5	11,2	2,58	
23	19,6	31	78	355	3,8	14,7	4,17	
24	19,6	28,5	77	371	2,1	12,2	3,92	
25	20,6	29,5	81	306	0,1	9,2	3	
26	20	29,5	81	298	4	15,1	3,73	
27	20	31,6	74	411	4,8	16,3	4,9	
28	20,6	32,8	75	398	7,3	20,1	5,42	
29	19,6	31	77	347	2,8	13,3	4,06	
30	19,6	28,5	82	310	0,1	9,3	2,88	
31	20,2	28,5	82	326	1,4	11,2	3,15	
<b>Pro.</b>	19,6	30,7	78	374	3,6	14,2	4,15	

**Cuadro 8.** Datos de la ET0 (mm/día) mes de Septiembre 2017 (CROPWAT).

<b>ETo Penman-Monteith diaria</b>							
País Ecuador		Estación La Teodomira		Año 2017	60 msnm	Latitud 1 sur	Longitud 80 oeste
<b>SEPTIEMBRE DEL 2017</b>							
Días	T. Min	T. Max	H.R	Viento	Insolación	Rad	Eto
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m2/día	Mm/día
1	19	31,5	88	387	3,4	14,3	3,54
2	21	32,5	74	418	6	18,3	5,3
3	20	33	79	479	6,1	18,5	5,14
4	19	32	75	426	7,1	20	5,37
5	20	31,5	80	462	5,9	18,2	4,75
6	21	30	75	342	2,6	13,2	4,06
7	21	34,5	71	436	8	21,5	6,33
8	21	29,5	76	332	2,2	12,6	3,84
9	21,6	30,5	77	334	2,7	13,4	3,98
10	22	30,5	78	444	2,7	13,4	4,18
11	21,6	27	82	244	2,3	12,8	3,11
12	21,6	33	73	446	5,9	18,4	5,56
13	22	29	79	372	1,4	11,4	3,55
14	20,6	33	73	489	7,1	20,3	5,91
15	21	29	78	325	0,3	9,8	3,29
16	22	29,5	79	274	1,9	12,3	3,46
17	20	33	77	444	6,1	18,8	5,28
18	22	27	79	244	0,2	9,6	2,86
19	21	33	74	415	6,4	19,3	5,5
20	20	30	81	395	2,8	13,7	3,82
21	21,5	28,5	80	299	0,6	10,3	3,12
22	22,2	31	72	326	2,8	12,8	4,28
23	21,5	32	74	500	2,2	15,3	5,11
24	22	33,5	78	457	3,2	14,4	4,73
25	22,8	30	73	269	0,5	10,1	3,57
26	22	34,5	74	488	7,9	21,7	6,27
27	22,2	30,5	76	283	0,6	10,3	3,5
28	22	30,5	72	400	4,3	16,1	5,29
29	22	34	78	216	2,8	13,8	3,94
30	23	34	75	266	0	9,4	3,7
31							
<b>Pro.</b>	21,29	31,35	76,67	373,73	3,57	14,80	4,41

**Cuadro 9.** Datos de la ET0 (mm/día) mes de Octubre 2017 (CROPWAT).

<b>ETo Penman-Monteith diaria</b>							
País Ecuador		Estación La Teodomira		Año 2017	60 msnm	Latitud 1 sur	Longitud 80 oeste
<b>OCTUBRE DEL 2017</b>							
Días	T. Min	T. Max	H.R	Viento	Insolación	Rad	Eto
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m2/día	Mm/día
1	23	31,5	79	314	2,3	13	3,85
2	21,2	29	80	402	0,3	9,9	3,35
3	22	30	81	321	1,3	11,4	3,45
4	22	31,5	83	269	1,3	11,4	3,26
5	22	29	83	285	2,4	13,1	3,33
6	21	28	85	276	1	11	2,82
7	22	32	82	462	3,5	14,9	4,24
8	21,6	30,5	76	534	2,8	13,8	4,62
9	21,2	28	76	317	0,3	9,9	3,34
10	21	28,5	80	431	0,1	9,5	3,32
11	21	29	77	397	2,6	13,5	4
12	21	28	81	339	0	9,4	2,99
13	21	33	75	458	4	15,6	5,1
14	21	32	74	555	6,1	18,9	5,66
15	21	33,5	73	495	1,8	12,2	5,05
16	22,2	31	69	436	1,5	11,7	4,81
17	22,6	32,5	76	426	3,3	14,5	4,7
18	22,2	33,5	73	482	4,4	16,2	5,5
19	22	33	72	537	7,9	21,7	6,32
20	22	32	74	440	5,3	17,6	5,23
21	21,6	33	73	458	4,6	16,5	5,38
22	23	33,8	79	467	4,9	17	5,03
23	22	30,5	78	339	1,2	11,2	3,65
24	23	30	70	507	7,3	20,7	5,85
25	23	34,5	71	525	5,8	18,3	6,25
26	22,2	32,5	75	425	3,8	15,2	4,87
27	22,6	28,5	78	281	1,5	11,6	3,39
28	23	34,5	75	517	5,8	18,3	5,82
29	22,2	30	76	335	0,5	10,1	3,59
30	22,2	32,5	74	404	5,5	17,2	5,13
31	23	32,5	71	465	1,4	11,4	4,89
<b>Pro.</b>	21,99	31,13	76,42	416,10	3,05	14,01	4,48

**Cuadro 10.** Datos de la ET0 (mm/día) mes de Noviembre 2017 (CROPWAT).

<b>ETo Penman-Monteith diaria</b>								
País Ecuador		Estación La Teodomira		Año 2017		60 msnm	Latitud 1 sur	Longitud 80 oeste
<b>NOVIEMBRE DEL 2017</b>								
<b>Días</b>	<b>T. Min</b>	<b>T. Max</b>	<b>H.R</b>	<b>Viento</b>	<b>Insolación</b>	<b>Rad</b>	<b>Eto</b>	
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m2/día	Mm/día	
1	22	28	81	324	0	9,3	2,95	
2	22	28,5	81	338	2,1	12,5	3,42	
3	22	31	78	320	3,1	14	4,01	
4	21	30,5	80	381	2	12,3	3,75	
5	22	34,5	73	583	7,8	21,2	6,55	
6	21	28,5	73	324	1,4	11,4	3,78	
7	20,6	31,5	73	435	6,3	18,4	5,35	
8	21,6	34	70	560	10,1	24,7	7,09	
9	21	32	71	552	8,7	22,5	6,33	
10	21,2	33	77	500	6,6	19,3	5,45	
11	19	30,5	80	399	4,1	15,5	4,18	
12	19	31	78	332	4,5	16,1	4,3	
13	21	33,5	73	429	6	18,3	5,27	
14	21	33,5	67	495	8	21	6,67	
15	21,8	28,5	75	296	0,7	10,2	3,42	
16	20,4	31	75	365	1,1	10,8	3,95	
17	22	31,5	81	469	5,1	16,9	4,5	
18	22	30,5	75	358	2,4	12,8	4,11	
19	21	30,5	79	322	0,2	9,4	3,3	
20	20	33	72	486	7,5	20	6	
21	20	33	75	434	3,9	15	4,95	
22	20	27,5	78	337	0,1	9,3	3,13	
23	20	29	79	429	0,4	9,7	3,46	
24	20,5	28,5	78	371	0,3	9,5	3,33	
25	20,6	31	76	446	4,1	15,3	4,63	
26	22	32,5	75	497	5,5	17,4	5,31	
27	21	34,5	81	612	9,5	23,4	6,02	
28	20,4	31	77	405	2,1	12,2	4,08	
29	29	34	73	472	6,1	18,2	5,78	
30	21	31,5	75	484	4,8	16,3	4,99	
31								
<b>Pro.</b>	20,90	31,18	75,97	425,17	4,15	15,45	4,67	

**Cuadro 11.** Datos de la ET0 (mm/día) mes de Diciembre 2017 (CROPWAT).

<b>ETo Penman-Monteith diaria</b>							
País Ecuador		Estación La Teodomira		Año 2017	60 msnm	Latitud 1 sur	Longitud 80 oeste
<b>DICIEMBRE DEL 2017</b>							
Días	T. Min °C	T. Max °C	H.R %	Viento Km/día	Insolación Horas	Rad MJ/m2/día	Eto Mm/día
1	21	28,5	85	353	0,2	9,4	2,75
2	21	33	76	488	3,4	14,1	4,89
3	21,2	30,5	79	297	0,1	9,2	3,18
4	22	29,5	82	278	0,4	9,6	2,92
5	21,2	31	78	380	0,9	10,4	3,7
6	21,2	32,5	75	414	0,5	9,8	4,15
7	21,4	32	81	341	2,5	12,8	3,78
8	21,2	32	80	385	3,1	13,7	4,08
9	21,6	29	79	363	0,2	9,3	3,25
10	21	32,5	76	460	6,4	18,6	5,26
11	21	32	81	462	2,1	12,2	3,98
12	21	27	84	225	0,6	9	2,45
13	21	30	77	315	0,5	9,8	3,4
14	21	29	80	249	0,3	9,5	2,9
15	22,8	32,5	83	412	3,2	13,8	3,95
16	21,8	29,5	79	189	0	9	2,74
17	22	29	79	187	0	9	2,71
18	21,2	32	81	374	0,5	9,8	3,47
19	20,8	33,5	81	211	0,8	10,2	3,18
20	21	27,5	80	221	0	9	2,67
21	22	32	76	330	1,4	11,1	3,88
22	21,2	30,5	85	240	1,2	10,8	2,9
23	22	31,8	77	376	2,3	12,4	4,1
24	21	32,5	74	387	4	15	4,78
25	22	32,5	76	574	5,1	16,6	5,3
26	22	32	76	317	1,3	11	3,82
27	21	32,5	74	445	4,2	15,3	5
28	21	32,5	72	381	1,6	11,4	4,47
29	22	31,5	72	409	2	12	4,53
30	21	29,5	75	433	2	12	4,11
31	20	31,5	75	423	4,8	16,2	4,83
<b>Pro.</b>	21,34	31,01	78,32	352,23	1,79	11,68	3,78

**Cuadro 12.** Datos de la ET0 (mm/día) mes de Enero 2018 (CROPWAT).

<b>ETo Penman-Monteith diaria</b>							
País Ecuador		Estación La Teodomira		Año 2018	60 msnm	Latitud 1 sur	Longitud 80 oeste
<b>ENERO DEL 2018</b>							
Días	T. Min	T. Max	H.R	Viento	Insolación	Rad	Eto
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m2/día	Mm/día
1	21,5	29	81	274	0	9	2,86
2	21,2	31	73	295	0,2	9,3	3,63
3	20,4	35	73	593	7,8	20,8	6,63
4	21,2	34	77	555	5,2	16,9	5,45
5	21,2	30,5	77	353	1	10,6	3,67
6	22	31,5	75	403	2,1	12,2	4,29
7	22	34,5	72	511	8,5	21,9	6,51
8	20,5	35	71	573	7,1	19,8	6,66
9	21	31,5	79	547	2,9	13,5	4,25
10	21,6	32,5	74	400	3	13,6	4,66
11	20	33,5	78	477	8	21,2	5,63
12	19	34,5	75	466	9,8	23,9	6,39
13	21	30,5	77	508	1,2	10,9	4,13
14	22	30	83	244	1	10,6	2,96
15	21,6	31	79	244	2	12,2	3,47
16	20,5	32,5	76	457	6	18,2	5,23
17	20	33,5	76	380	6,5	19	5,28
18	21,2	32,5	76	320	2,2	12,5	4,1
19	21,2	34,5	73	477	7,2	20,1	6,12
20	21,6	33	65	385	3,5	14,5	5,5
21	22	31,5	83	285	1,1	10,9	3,2
22	21,6	32	79	356	1,9	12,1	3,89
23	21	30	81	283	4,3	15,8	3,86
24	22	30	84	220	0,1	9,4	2,68
25	22	32,5	77	372	1,6	11,7	4,09
26	23	30,5	76	403	1,7	12	4,09
27	23	31,5	76	346	1,6	11,9	4,01
28	22	31,5	72	297	1,1	11,1	4
29	21	31,5	89	269	0	9,4	2,62
30	23	30	81	355	0,7	10,4	3,31
31	21,2	30,9	80	754	0,4	9,9	4,2
<b>Pro.</b>	21,37	32	77,03	397,16	3,22	14,04	4,43

**Cuadro 13.** Datos de la ET0 (mm/día) mes de Febrero 2018 (CROPWAT).

<b>ETo Penman-Monteith diaria</b>							
País Ecuador	Estación La Teodomira		Año 2018	60 msnm	Latitud 1 sur	Longitud 80 oeste	
<b>FEBRERO DEL 2018</b>							
Días	T. Min	T. Max	H.R	Viento	Insolación	Rad	Eto
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m2/día	Mm/día
1	23	31,5	80	368	1,8	12,1	3,83
2	23	30	80	262	0	9,3	3,01
3	22	28,5	82	262	0,6	10,2	2,91
4	22,2	32	83	255	1,2	11,2	3,23
5	21,6	27	89	177	0	9,3	2,22
6	22,6	26,5	80	126	0	9,3	2,44
7	22	28	89	146	0	9,4	2,24
8	22	30,5	84	317	3,5	14,8	3,67
9	22,2	28	91	241	0	9,4	2,23
10	22	28	92	103	0	9,4	2,12
11	21,6	29	87	193	0,5	10,2	2,55
12	23	32	81	400	8,3	22,4	5,5
13	23	30	87	361	3,1	14,2	3,39
14	23	31	81	322	2,8	13,8	3,8
15	22,6	29,5	87	142	0,4	10	2,48
16	22,2	29,5	90	53	1,2	11,3	2,5
17	22	28,5	90	146	0,3	9,9	2,31
18	22,2	29,5	89	239	0,4	10,1	2,53
19	22,2	30	90	243	1,7	12,1	2,81
20	22	32	81	241	6,4	12,5	4,53
21	23	31	82	226	1,9	12,4	3,33
22	23,2	32	83	320	4,4	16,5	4,03
23	22,6	32	83	331	5,8	18,5	4,45
24	23	32	84	369	5,7	18,5	4,41
25	22,6	33	79	320	6,1	19,1	4,89
26	22	33,5	82	330	6,9	20,4	4,95
27	22	33	76	391	8,2	20,4	5,71
28	22,6	31,5	82	413	3,5	15	4,11
29							
30							
31							
<b>Pro.</b>	22,41	30,32	84,36	256,75	2,67	17,24	3,44

**Cuadro 14.** Datos de la ET0 (mm/día) mes de Marzo2018 (CROPWAT).

<b>ETo Penman-Monteith diaria</b>							
País Ecuador		Estación La Teodomira		Año 2018	60 msnm	Latitud 1 sur	Longitud 80 oeste
<b>MARZO DEL 2018</b>							
Días	T. Min °C	T. Max °C	H.R %	Viento Km/día	Insolación Horas	Rad MJ/m2/día	Eto Mm/día
1	21	33	77	295	4,2		
2	22,2	31,5	81	458	5,1	17,6	4,6
3	22,2	31	83	404	0,6	10,4	3,37
4	22	29,5	83	196	2,8	13,9	3,14
5	22,6	30,5	87	246	5,3	17,9	3,86
6	21,6	31,5	87	296	4,6	16,8	3,77
7	22	31,5	88	237	5,3	17,9	4,14
8	22,2	31,5	83	245	5,4	18	4,13
9	23	31,5	84	267	3,6	15,2	4,39
10	21	31	73	330	5,7	18,5	4,25
11	23	32	84	214	5,1	17,6	4,48
12	22,2	32	75	421	5,9	18,3	4,9
13	22,2	33,5	79	428	8,2	22,5	5,89
14	23	32	76	334	8,2	17,4	4,64
15	22,6	30,5	78	303	5		
16	23	32,5	81	303	0,5	12,6	3,43
17	23	30,5	86	185	2	12,6	2,97
18	22,2	31	88	316	2	16,7	3,99
19	23	31,5	84	362	4,6	14,5	4,18
20	22	32,5	79	321	3,2	16,7	4,22
21	22,6	31	83	198	4,6	11,3	3,09
22	22	31	81	282	1,2	13,4	3,65
23	23	27	90	191	2,5	9,4	2,22
24	22	32	83	464	0	20	4,8
25	22	32,5	80	265	6,7	17,3	4,37
26	21,6	31,5	81	256	5	14	3,71
27	22,2	32	77	300	2,9	15,2	4,3
28	22,2	33	83	319	4	15,7	4,12
29	22,8	29	88	228	0,2	9,7	2,48
30	23	32,5	85	449	6,7	19,9	4,66
31	22,2	30,5	88	276	1,7	12	2,97
<b>Pro.</b>	22,31	31,39	82,39	302,87	3,82	15,62	3,96

**Cuadro 15.** Datos de la ET0 (mm/día) mes de Abril 2018 (CROPWAT).

<b>ETo Penman-Monteith diaria</b>							
País Ecuador		Estación La Teodomira		Año 2018	60 msnm	Latitud 1 sur	Longitud 80 oeste
<b>ABRIL DEL 2018</b>							
Días	T. Min	T. Max	H.R	Viento	Insolación	Rad	Eto
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m2/día	Mm/día
1	23	30	87	279	1	10,9	2,84
2	22	30,5	85	196	2,6	13,4	3,22
3	22,6	31	85	293	2,3	12,9	3,35
4	22,6	31	85	216	3,9	15,4	3,63
5	22,2	30	88	196	2,2	12,7	2,92
6	22	33,5	79	315	8,4	22,3	5,37
7	21	32,5	77	316	8,5	22,4	5,36
8	21	33	82	320	5,9	18,4	4,57
9	22,6	28	88	206	0	9,2	2,3
10	22,6	28	88	283	8,7	22,6	4,22
11	21	33	75	319	6	18,4	5,02
12	20	33	73	387	9	23	5,94
13	20	32	78	265	3,4	14,4	4
14	19	32	81	293	7,1	20	4,66
15	20	33,5	73	284	9,8	24,1	5,83
16	21	32,5	76	328	6,9	19,7	5,07
17	21	34	69	374	7,6	29,7	6,05
18	22	32,5	76	250	5,4	17,3	4,51
19	21,4	27	83	239	0	9,1	2,55
20	21,8	32	75	281	5,3	17,1	4,58
21	22,2	34	73	362	3,7	14,6	4,92
22	23	33,5	78	423	6,6	19	5,21
23	23	32	82	214	2,3	12,5	3,35
24	22	32,5	75	285	6,7	19,1	4,91
25	23	31,5	77	314	2,6	12,9	3,94
26	22	33,5	72	375	7,4	20	5,67
27	23	33,5	75	306	4,7	16	4,68
28	21,6	30	84	347	1,9	11,8	3,24
29	22	32,8	82	356	5,1	16,5	4,32
30	22	33	80	285	6,6	18,7	4,62
31							
<b>Pro.</b>	21,7	31,8	79	296	5,05	17,14	4,36

**Cuadro 16.** Datos de la ET0 (mm/día) mes de Mayo 2018 (CROPWAT).

<b>ETo Penman-Monteith diaria</b>							
País Ecuador		Estación La Teodomira		Año 2018	60 msnm	Latitud 1 sur	Longitud 80 oeste
<b>MAYO DEL 2018</b>							
Días	T. Min	T. Max	H.R	Viento	Insolación	Rad	Eto
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m2/día	Mm/día
1	22	33	80	285	6,6	18,6	4,61
2	22	31	79	372	1,4	10,9	3,65
3	22,6	30,5	81	346	2,6	12,7	3,61
4	22	33	80	440	3,8	14,4	4,41
5	21,6	32	81	263	4,6	15,5	3,95
6	22,6	30,5	83	215	2	11,7	3,06
7	22,6	31,5	81	228	1,4	10,8	3,14
8	22,2	29	87	254	0,2	9	2,45
9	22	30	82	349	2,8	12,8	3,45
10	22,8	33	75	306	7,3	19,3	5,05
11	22,2	31,3	74	273	2	11,6	3,77
12	22	30	84	301	0	8,7	2,73
13	22,2	30	85	261	1,9	11,2	2,94
14	22,6	28	86	356	1	10,1	2,71
15	22	33	79	356	8,1	20,3	4,99
16	23	30	80	246	0,1	8,7	2,84
17	23	31	82	260	2,2	11,7	3,25
18	23	28,5	80	194	0	8,6	2,58
19	22,2	29,5	86	210	0,2	8,8	2,42
20	22,2	29,5	81	264	0	8,5	2,77
21	21	31,5	79	338	5,7	16,6	4,31
22	21,2	32	79	250	1,8	11,1	3,38
23	21,2	30,5	82	235	2	11,3	3,08
24	22,2	32	82	361	8	19,8	4,62
25	23	28	85	184	0	8,5	2,28
26	22	31	82	228	1	9,9	2,89
27	21,8	31	80	306	1,8	11	3,38
28	21	31,2	77	331	3,6	13,5	3,99
29	22,2	32,5	71	383	6,7	17,8	5,29
30							
31							
<b>Pro.</b>	22	30	80	288	2,72	12,53	3,51

**Cuadro 17.** Promedios del gasto hídrico en los tratamientos a diferentes niveles de humedad en el suelo desde el mes de julio del 2017, hasta el mes de abril del 2018.

Año	Meses	Uso de Agua por mes en los tratamientos			
		N1 (100%)	N2 (80%)	N3 (60%)	N4 (40%)
2017	Julio	46,76	37,41	28,05	18,70
	Agosto	55,35	44,28	33,21	22,14
	Septiembre	56,91	45,52	34,14	22,76
	Octubre	59,68	47,74	35,81	23,87
	Noviembre	60,23	48,18	36,14	24,09
	Diciembre	50,37	40,29	30,22	20,15
2018	Enero	59,07	47,26	35,44	23,63
	Febrero	41,36	33,09	24,81	16,54
	Marzo	53,17	42,53	31,90	21,27
	Abril	55,72	23,96	10,30	4,43
	X	53,86	41,03	30,00	19,76

**Anexo 1. Clones en estudio.**



**Anexo 2. Construcción de la cubierta donde se estableció el experimento.**



**Anexo 3. Preparación del sustrato (arena, materia orgánica y tierra).**



**Anexo 4. Llenado de las macetas plásticas.**



### **Anexo 5. Trasplante de las plantas de cacao.**



### **Anexo 6. Aplicación de los tratamientos.**



**Anexo 7. Realización de la poda.**



**Anexo 8. Toma de diámetro y altura de planta.**



**Anexo 9. Equipo de sistema cerrado de intercambio de gases LI-6400XT (LI-COR Portable Photosynthesis System).**



Anexo 10. Reporte del análisis del agua, realizado en la Estación Experimental INIAP “Pichilingue”.

	<b>ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"</b> <b>LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS</b> Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.etsp@iniap.gob.ec
---	---

**REPORTE DE ANALISIS DE AGUAS**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : Artega Alcivar Francisco Dirección : Ciudad : Portoviejo Teléfono : Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : Teodomira Provincia : Manabí Cantón : Portoviejo Parroquia : Ubicación :
<b>DATOS DEL LOTE</b> Superficie : Identificación : Muestra 1	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> N° Reporte : 1500 N° Muestra Lab. : 1987 Fecha de Muestreo : 13/12/2016 Fecha de Ingreso : 13/12/2016 Fecha de Reporte : 04/01/2017

Parámetro	Unidad	Contenido	Interpretación
CE	dS/m	0,23	Normal(Sin Restricciones en el uso)
TSD	mg/l	106,00	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Ca	mg/l	23,00	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Mg	mg/l	6,60	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Na	mg/l	11,27	Normal(Sin Restricciones en el uso)
K	mg/l	4,10	Normal(Sin Restricciones en el uso)
CO <sub>3</sub>	mg/l	0,00	Normal(Sin Restricciones en el uso)
HCO <sub>3</sub>	mg/l	61,00	Puede Causar Restricción en el uso
Cl	mg/l	45,50	Normal(Sin Restricciones en el uso)
SO <sub>4</sub>	mg/l	0,40	Normal(Sin Restricciones en el uso)
NO <sub>3</sub>	mg/l	0,00	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Fe	mg/l	0,04	Normal(Sin Restricciones en el uso)
B	mg/l	0,09	Normal(Sin Restricciones en el uso)
pH		7,00	Normal (Sin Restricciones)
RAS	(meq/l)/%	0,53	Normal(Sin Restricciones en el uso)
Dureza	mg/l	85	Blanda

**Interpretación de pH**  
 pH < 4.5 ó pH > 8 (Severa restricción en el uso)

**Unidades:**  
 dS/m = decisiemens/metro  
 mg/l = miligramos/litro = ppm  
 meq/l = miliequivalentes/litro  
 (meq/l)/% = raíz cuadrada de meq/l  
 ppm = partes por millón

**OBSERVACIONES**  
 Cl. Agua baja salinidad, apta para riego en todos los casos. Puede existir problemas solamente en suelos de muy baja permeabilidad. Si. Agua con bajo contenido en sodio. Sin embargo puede presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.



*X. W. Artega Alcivar*  
 LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

*[Signature]*  
 RESPONSABLE LABORATORIO

**Anexo 11. Reporte del análisis de suelo, realizado en la Estación Experimental INIAP “Pichilingue”.**

	<b>ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"</b> LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec
---	--

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

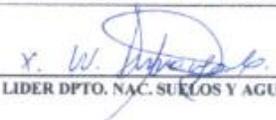
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : Artesga Alcivar Francisco Dirección : Ciudad : Portoviejo Teléfono : Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : Teodomira Provincia : Manabí Cantón : Portoviejo Parroquia : Ubicación :	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> Cultivo Actual : N° Reporte : 1500 Fecha de Muestreo : 13/12/2016 Fecha de Ingreso : 13/12/2016 Fecha de Salida : 03/01/2017
---	---	---

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm		meq/100ml			ppm						
	Identificación	Area		NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
81656	Muestra 1		7,1	PN	23 M	78 A	3,48 A	21 A	6,5 A	81 A	6,7 M	5,2 A	36 M	19,5 A	1,40 A

La muestra será guardada en el laboratorio por las razones, tiempo y costo que se detallan en las normas INIAP.



INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES
pH				Elementos de N a B		
MA = Muy Acido	LA = Liger Acido	LA = Liger Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	pH = Suelo agua (1:2,5)	Olan Modificado
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MA = Media Alcalino		M = Medio	N,P,B = Colorimetria	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
MeAc = Media Acido	N = Neutro	Al = Alcalino		A = Alto	S = Turbidimetria	Fosfato de Calcio Monobásico
					K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica	B,S

  
 LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

  
 RESPONSABLE LABORATORIO

**Anexo 12. Croquis de campo.**

T4C3R1	T4C4R1	T4C1R1	T4C2R1	T1C4R1	T1C3R1	T1C1R1	T1C2R1	T2C4R1	T2C3R1	T2C1R1	T2C2R1	T3C2R1	T3C3R1	T3C1R1	T3C4R1
T4C3R2	T4C4R2	T4C2R2	T4C1R2	T1C2R2	T1C4R2	T1C1R2	T1C3R2	T2C2R2	T2C3R2	T2C4R2	T2C1R2	T3C1R2	T3C3R2	T3C4R2	T3C2R2
T4C1R3	T4C3R3	T4C4R3	T4C2R3	T1C2R3	T1C3R3	T1C4R3	T1C1R3	T2C2R3	T2C3R3	T2C1R3	T2C4R3	T3C1R3	T3C3R3	T3C4R3	T3C2R3
T4C3R4	T4C1R4	T4C2R4	T4C4R4	T1C2R4	T1C3R4	T1C1R4	T1C4R4	T2C4R4	T2C2R4	T2C1R4	T2C3R4	T3C2R4	T3C1R4	T3C3R4	T3C4R4
<b>BLOQUE 1</b>				<b>BLOQUE 2</b>				<b>BLOQUE 3</b>				<b>BLOQUE 4</b>			
<b>TRATAMIENTO 4</b>				<b>TRATAMIENTO 1</b>				<b>TRATAMIENTO 2</b>				<b>TRATAMIENTO 3</b>			
<b>CROQUIS DE CAMPO</b>															

- Diseño de parcelas divididas 4 tratamientos y 4 repeticiones
- Parcelas principales: tratamientos
- Subparcelas: clones

T1= Kc 1 = 100%   T2= Kc 0.8 = 80 %   T3= Kc 0.6 = 60 %   T4=Kc 0.4 = 40 %

C1=Clon CCN51, C2=Clon EET103, C3=Clon EET575, C4=Clon EET575.

