



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

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Tema:**

**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD EN  
EL SUELO SOBRE LAS RELACIONES HÍDRICAS EN CLONES  
DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)”**

**AUTORES:**

MENDOZA CASTILLO JORGE MARCOS

ZAMBRANO SALTOS JUNIOR RENÉ

**TUTOR:**

ING. ARTEAGA ALCÍVAR FRANCISCO JAVIER MG. SC.

**SANTA ANA – MANABÍ – ECUADOR**

**2018**

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

**Tema:**

**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD EN EL SUELO  
SOBRE LAS RELACIONES HÍDRICAS EN CLONES DE CACAO (*Theobroma  
cacao* L.)**

**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. Fredy Santana Parrales Mg. Eds.  
**Presidente de Tribunal**

---

Ing. Leonardo Solis Bowen Mg. Sc  
**Miembro de Tribunal**

---

Ing. Roberto Carlos Zamora Mg. Sc  
**Miembro de Tribunal**

## **CERTIFICACIÓN**

Ing. Mg. Sc. **FRANCISCO JAVIER ARTEAGA ALCÍVAR**, Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí.

Certifica:

Que el trabajo de titulación “**EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD EN EL SUELO SOBRE LAS RELACIONES HÍDRICAS EN CLONES DE CACAO** (*Theobroma cacao* L.) es trabajo original realizado por los estudiantes **MENDOZA CASTILLO JORGE MARCOS** y **ZAMBRANO SALTOS JUNIOR RENÉ**, el cual fue realizado bajo mi tutoría.

---

**ING. FRANCISCO JAVIER ARTEAGA ALCÍVAR. MG. SC**  
**TUTOR DE TESIS**

## **CERTIFICACIÓN**

Ing. Mg. Sc. **EDISSON WILFRIDO CUENCA CUENCA**, Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí.

Certifica:

Que el trabajo de titulación **“EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD EN EL SUELO SOBRE LAS RELACIONES HÍDRICAS EN CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)** es trabajo original realizado por los estudiantes **MENDOZA CASTILLO JORGE MARCOS** y **ZAMBRANO SALTOS JUNIOR RENÉ**, el cual fue realizado bajo mi revisión

---

**ING. EDISSON WILFRIDO CUENCA CUENCA. MG. SC**  
**REVISOR DE TESIS**

## **AUTORÍA**

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

---

**MENDOZA CASTILLO JORGE MARCOS**

---

**ZAMBRANO SALTOS JUNIOR RENÉ**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo es dedicado primordialmente a Dios, por permitir culminarlo y por su fortaleza que me brindo día a día y por no dejarme caer en los momentos difíciles, ya que fue el que estuvo cada momento cerca mí.

A mis padres por haber estado conmigo en los buenos y malos momentos, por no permitir que desmaye y así poder triunfar de la mejor manera, por sus valores.

A mi hija y esposa por darme fuerzas y por la motivación constante que me impulsan a seguir adelante.

A mis hermanos por brindarme sus apoyos cuando más lo necesitaba y de la misma manera demostrarles que lo difícil no es lo imposible.

A mis compañeros ya que nos ayudamos mutuamente durante nuestra formación profesional.

Y finalmente a los docentes, que compartieron sus conocimientos y experiencia durante toda la etapa Universitaria, y a todos aquellos que estuvieron disponibles para aclarar ciertas dudas y apoyarnos en la realización de nuestra tesis.

**Marcos**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a mis padres por brindarme su apoyo mutuo, de la misma manera a dios por guiarme y darme las fuerzas necesarias

A la Universidad Técnica de Manabí a la carrera de Agronomía, por permitirme formar en ella y llegar a ser un profesional y también por brindar una valiosa beca que gracias a ella se pudo laborar esta espectacular investigación.

A compañeros y amigos que estuvieron hay para aclararnos ciertas dudas, como el compañero Luis Saltos.

Al Sr. Ramón Almeida que gracias a su bondad y confianza prestaba las laptops para seguir avanzando y así culminar la tesis, de la misma manera al Lcdo. Alejandro Barcia por a ayudarnos con los libros que se necesitaban al instante.

También agradezco al Ing. Luigy Barragán, por compartir sus conocimientos obtenidos en su trabajo de tesis que realizo ya que fue de mucha ayuda para así seguir adelante con el trabajo.

Al Ing. Francisco Javier Arteaga Alcívar por permitir ser tutor de tesis y dedicar su confianza y conocimientos al momento de realizar este trabajo, por brindar su apoyo y dedicación con su experiencia profesional.

Al Dr. Freddy Zambrano Gavilánez PhD, por haber aportado su tiempo y conocimientos en lo que destaca su carrera, como la estadística.

De la misma manera al Dr. Cristhian Vega PhD, por dedicar su tiempo en ayudarnos en la realización del presente trabajo

Al Dr. Ramón Jaimez Arellano PhD, por avernos guiado y compartido sus conocimientos basados en la fisiología.

**Marcos**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a Dios, quien me estuvo guiando día a día por el camino de bien, por haberme dado todas las fortalezas y por enseñarme a no desmayar frente a las adversidades.

A mis padres que son el eje principal, gracias por sus sabios consejos, por haberme ayudado en los momentos difíciles, ya que me ha enseñado a ser una excelente persona, este trabajo también es fruto de su esfuerzo.

A mis hermanos y hermanas, por estar siempre presentes y por el apoyo que me han brindado.

A mis compañeros que me han brindado su amistad durante la carrera.

**Junior**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a cada de una de las personas que me han ayudado de una u otra manera en la realización de este trabajo.

A Dios por haberme guiado y brindarme las fuerzas necesarias en mis estudios, a mis padres por el apoyo que siempre me brindaron, los cuales me motivaron en los buenos y malos momentos.

A mis hermanos y hermanas, por brindarme el cariño que me impulso a seguir adelante.

A mis grandes amigo/as: Mario Monge, Aníbal Macías, Bryan Cantos, José Vicente Soza, Víctor Menéndez, José Gabriel Mendoza, Ana Gabriela Macías, María Gabriela Mendoza, gracias por el apoyo brindado durante mis estudios.

Al Dr. Cristhian Vega PhD, de la Facultad de Ingeniería Agrícola, por su apoyo constante, quien nos brindó su ayuda y por haber compartido conocimientos durante la realización del trabajo.

Mis atentos agradecimientos al Ing. Luigy Barragán, quien nos brindó su ayuda, y por compartir su experiencia profesional durante la realización un trabajo excelente.

A nuestro director de tesis al Ing. Francisco Javier Arteaga Alcívar, por su tiempo, dedicación, quien siempre nos brindó su ayuda, nos compartió sus conocimientos desde el inicio hasta la culminación de nuestro trabajo.

Al Dr. Ramón Jaimez Arellano PhD, por habernos aportado con buenas ideas en la realización del trabajo.

Al Dr. Freddy Zambrano Gavilánez PhD, por su ayuda durante la realización de la tesis y por los conocimientos impartidos para la realización del trabajo de titulación.

A nuestro revisor de tesis el Ing. Edison Cuenca Cuenca por todas las sugerencias y aportes en la corrección de la tesis y por toda la ayuda brindada.

A mis amigos al Sr. Ramón Almeida, Carlos Garcia y al Lcdo. Alejandro Barcia, quien me ayudaron en lo que necesite mientras estuve en la facultad.

**Junior**

# ÍNDICE GENERAL

## Contenido

Portada	i
Hoja de aprobación de tesis	ii
Certificación de director de tesis	iii
Certificación de revisor de tesis	iv
Autoría	v
Dedicatoria	vi
Agradecimientos	vii
Dedicatoria	viii
Agradecimientos	ix
Índice general	x
Índice de cuadros	xii
Índice de figuras	xii
Índice de anexos	xiv
Resumen	xv
Summary	xvi
<b>I. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>II. Problemática</b>	<b>3</b>
<b>III. Antecedentes</b>	<b>4</b>
<b>IV. Justificación</b>	<b>5</b>
<b>V. Objetivos</b>	<b>6</b>
5.1 Objetivo general	6
5.2 Objetivos específicos	6
<b>VI. Marco referencial</b>	<b>7</b>
6.1 Importancia del cacao a nivel nacional	7
6.2 Ecofisiología del cacao	7
6.2.1 Temperatura	7
6.2.2 Precipitación	7
6.2.3 Humedad relativa	8
6.2.4 Radiación solar	8
6.3 Disponibilidad de agua en el suelo	9
6.4 Relaciones suelo – planta – atmosfera (SPA)	9
6.5 Potencial hídrico foliar ( $\Psi^f$ )	10
6.5.1 Métodos para medir potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ )	11
6.6 Módulo de elasticidad ( $\epsilon$ )	11
6.7 Ajuste osmótico ( $\Delta\sigma$ )	12
<b>VII. Diseño metodológico</b>	<b>13</b>
7.1 Ubicación de la investigación	13
7.2 Características de la zona de estudio	13
7.2.1 Características climatológicas	13
7.3 Datos edafológicos y análisis de agua	13

7.4	Material experimental	14
7.4.1	Clon CCN 51	14
7.4.2	Clon EET 103	15
7.4.3	Clon EET 575	15
7.4.4	Clon EET 576	16
7.5	Conducción del ensayo	16
7.6	Diseño experimental	16
7.7	Análisis estadístico	17
7.8	Variables de respuesta dependiente	17
7.8.1	Potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ )	17
7.8.2	Determinación de la curva de volumen presión en hojas de cacao	18
7.8.3	Ajuste osmótico ( $\Delta o$ )	18
7.9	Manejo agronómico	18
<b>VIII.</b>	<b>Resultados y discusión</b>	<b>20</b>
8.1	Potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ )	20
8.2	Curva presión – volumen	26
8.3	Ajuste osmótico ( $\Delta o$ )	28
8.4	Modulo de elasticidad ( $\epsilon$ )	29
<b>IX.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>31</b>
<b>X.</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>32</b>
<b>XI.</b>	<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>33</b>
<b>XII.</b>	<b>Anexos</b>	<b>39</b>

## Índice de cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Análisis del suelo	14
<b>Cuadro 2.</b> Análisis del agua	14
<b>Cuadro 3.</b> Características fenotípicas del clon CCN51	15
<b>Cuadro 4.</b> Esquema del ADEVA	17
<b>Cuadro 5.</b> Ajuste osmótico sobre las relaciones hídricas en clones de cacao (Theobroma cacao L.)	28
<b>Cuadro 6.</b> Datos de la ET <sub>0</sub> (mm/día) mes de Julio 2017 (CROPWAT)	39
<b>Cuadro 7.</b> Datos de la ET <sub>0</sub> (mm/día) mes de Agosto 2017 (CROPWAT)	40
<b>Cuadro 8.</b> Datos de la ET <sub>0</sub> (mm/día) mes de Septiembre 2017 (CROPWAT)	41
<b>Cuadro 9.</b> Datos de la ET <sub>0</sub> (mm/día) mes de Octubre 2017 (CROPWAT)	42
<b>Cuadro 10.</b> Datos de la ET <sub>0</sub> (mm/día) mes de Noviembre 2017 (CROPWAT)	43
<b>Cuadro 11.</b> Datos de la ET <sub>0</sub> (mm/día) mes de Diciembre 2017 (CROPWAT)	44
<b>Cuadro 12.</b> Datos de la ET <sub>0</sub> (mm/día) mes de Enero 2018 (CROPWAT)	45
<b>Cuadro 13.</b> Datos de la ET <sub>0</sub> (mm/día) mes de Febrero 2018 (CROPWAT)	46
<b>Cuadro 14.</b> Datos de la ET <sub>0</sub> (mm/día) mes de Marzo 2018 (CROPWAT)	47
<b>Cuadro 15.</b> Datos de la ET <sub>0</sub> (mm/día) mes de Abril 2018 (CROPWAT)	48
<b>Cuadro 16.</b> Datos de la ET <sub>0</sub> (mm/día) mes de Mayo 2018 (CROPWAT)	49
<b>Cuadro 17.</b> Datos meteorológicos	50

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Potencial hídrico foliar evaluación 1. 100% (A) 80% (B) 60% (C) 40% (D) sobre las relaciones hídricas en cuatro clones de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.)	20
<b>Figura 2.</b> Potencial hídrico foliar evaluación 2. 100% (A) 80% (B) 60% (C) 40% (D) sobre las relaciones hídricas en cuatro clones de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.)	22
<b>Figura 3.</b> Potencial hídrico foliar evaluación 3. 100% (A) 80% (B) 60% (C) 40% (D) sobre las relaciones hídricas en cuatro clones de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.)	24
<b>Figura 4.</b> Potencial osmótico a máxima saturación sobre las relaciones hídricas en clones de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.)	26
<b>Figura 5.</b> Potencial osmótico a punto de pérdida de turgor sobre las relaciones hídricas en clones de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.)	27
<b>Figura 6.</b> Módulo de elasticidad sobre las relaciones hídricas en clones de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.)	29

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Clones utilizados en el estudio	51
<b>Anexo 2.</b> Construcción de la ramada donde se ubicó el ensayo	51
<b>Anexo 3.</b> Preparación del sustrato (arena, materia orgánica y suelo)	52
<b>Anexo 4.</b> Trasplante de las plantas de cacao	52
<b>Anexo 5.</b> Foto de las plantas adaptándose al lisímetro	52
<b>Anexo 6.</b> Aplicación de abono 15-15-15	53
<b>Anexo 7.</b> Realización de la primera poda	53
<b>Anexo 8.</b> Aplicación de sulfato de amonio	53
<b>Anexo 9.</b> Realización de la toma de datos del potencial hídrico foliar	54
<b>Anexo 10.</b> Realización de las curvas volumen – presión	54
<b>Anexo 11.</b> Modelo de las curvas presión - volumen	55
<b>Anexo 12.</b> Datos del potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) 1 <sup>ra</sup> evaluación	55
<b>Anexo 13.</b> Datos del potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) 2 <sup>da</sup> evaluación	56
<b>Anexo 14.</b> Datos del potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) 3 <sup>ra</sup> evaluación	57
<b>Anexo 15.</b> Datos de las curvas de presión-volumen	58
<b>Anexo 16.</b> Datos del módulo de elasticidad ( $\epsilon$ )	59
<b>Anexo 17.</b> Escala del potencial hídrico foliar para definir los niveles de déficit hídrico	60
<b>Anexo 18.</b> Reporte del análisis del agua, realizado en la estación experimental “Pichilingue”	61
<b>Anexo 19.</b> Reporte del análisis de suelo, realizado en la estación experimental “Pichilingue”	62
<b>Anexo 20.</b> Croquis de campo	63

## RESUMEN

La investigación se la realizó en la estación experimental “La Teodomira” perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, con el objetivo de evaluar en diferentes niveles de humedad en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), el experimento se estableció en un diseño de parcelas divididas completamente aleatorizadas con cuatro niveles de humedad (100%, 80%, 60%, 40%) cuatro clones de cacao CCN51, EET103, EETT575, EET576 obteniendo 16 tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, para un total de 64 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron:

Potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ), curva de presión – volumen, ajuste osmótico ( $\Delta\sigma$ ) y el módulo de elasticidad ( $\epsilon$ ). En el potencial hídrico foliar en la mañana con el 100% de humedad en el suelo se obtuvieron valores de -0,33 a -0,47 MPa siendo los clones que mayor sobresalieron el CCN51 y el EET-103. El ajuste osmótico ( $\Delta\sigma$ ) se encontró los clones CCN51 y el EET576 reportaron mejores ajuste la con menor humedad en el suelo 0,86 y 0,56 MPa respectivamente y el módulo de elasticidad ( $\epsilon$ ) el clon CCN51 fue de -6,73 MPa con menor humedad mientras que con el 100% de humedad en el suelo fue de -2,34 MPa.

**Palabras claves:** Clones, ajuste osmótico, módulo de elasticidad, potencial hídrico foliar

## SUMMARY

The research is carried out in the experimental station "La Teodomira" belonging to the Faculty of Agricultural Engineering of the Technical University of Manabí, with the objective of evaluating in different moisture levels in cocoa clones (*Theobroma cacao* L.), the experiment was established in a design of completely randomized divided plots with four humidity levels (100%, 80%, 60%, 40%) four cocoa clones CCN51, EET103, EETT575, EET576 obtaining 16 treatments with four repetitions each, for a total of 64 experimental units. The variables evaluated were:

Leaf water potential ( $\Psi^f$ ), pressure-volume curve, osmotic adjustment ( $\Delta\omega$ ) and the modulus of elasticity ( $\epsilon$ ). In the foliar hydric potential in the morning with 100% humidity in the soil, values of -0.33 to -0.47 MPa were obtained, with the clones that stood out the most in CCN51 and EET-103. The osmotic adjustment ( $\Delta\omega$ ) found clones CCN51 and EET576 reported better fit with lower soil moisture 0.86 and 0.56 MPa respectively and modulus of elasticity ( $\epsilon$ ) clone CCN51 was -6.73 MPa with lower humidity while with 100% humidity in the soil was -2.34 MPa.

**Keywords:** clones, osmotic adjustment, modulus of elasticity, leaf water potential

## I. INTRODUCCIÓN

*Theobroma cacao* L. es una especie perteneciente a la familia de las Malvaceas, es originaria de Sur América especialmente de la Amazonia de los países de Brasil, Perú y Ecuador, es un árbol que en condiciones silvestres puede llegar a medir hasta 20 metros de altura (Enríquez, 2010). El cacao en la actualidad se lo cultiva en la mayoría de los países de Sudamérica, en el continente Africano y en gran parte del continente asiático (Contreras, 2013).

Los mayores productores de cacao a nivel mundial son los países que se encuentran en el continente Africano con el 75,8% siendo Costa de Marfil y Ghana que poseen una mayor producción, el segundo lugar lo ocupa el continente de Americano con el 16,1% donde Ecuador y Brasil resaltan como los países de mayor producción, mientras tanto el continente Asiático y el Océánico ocupa el tercer lugar con el 8,1% siendo Indonesia el país de mayor producción (ICCO, 2016). En el Ecuador se cuenta con un área cosechada de 454.257 (has) con una producción de 177,551 <sup>TM</sup> y con un rendimiento del 3,909 kg/ha (FAOSTAT, 2017; INEC, 2016). Además cuenta con el 61% de producción y exportación de cacao fino de aroma (ANECACAO, 2017). En la provincia de Manabí se cuenta con un total de 78.435 (has) con una producción del 18,708 <sup>TM</sup> (INEC, 2016).

El cacao es una especie que tiene alta susceptibilidad al estrés hídrico debido a que es una especie de ambiente húmedo de la Cuenca Amazónica (Suarez et al, 1997).

Al estar sometidas a déficit hídrico presentan menor área foliar, menor tasa fotosintética (Almeida & Valle, 2008).

Pagan, (2012). Indica que el potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) nos permite en conocer el estado hídrico en que la planta se encuentra y es el estado de energía libre las mismas que pueden ser molar del agua.

López et al, (2010). Manifiesta que las relaciones del suelo – planta – atmosfera (SPA) ayuda a que la célula vegetal este turgente, puesto que la relación hídrica permite conocer el estado energético del agua que hay en las mismas.

Cuando las plantas no tiene un buen manejo del agua, el rendimiento disminuye de una forma muy notoria, por lo que la cantidad de oxígeno se disminuye, por ende la llegando a tener una baja actividad fotosintética hay cierre de los estomas, en las plantas debe existir un buen balance hídrico, caso contrario se vería afectada las producciones futuras (Ferreyra et al, 2006).

La presente investigación tiene como finalidad evaluar los diferentes niveles de humedad en el suelo sobre las relaciones hídricas en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)

## II. PROBLEMÁTICA

El agua es de vital importancia en las plantas esto es debido a que influyen de una manera directa o indirectamente en el crecimiento y desarrollo de la misma, en algunos de los casos la planta al estar afectada por la falta de agua provoca que los procesos fisiológicos se detengan, y en los órganos que almacenan el agua hace que disminuya ocasionando que la planta tenga un estrés muy rápido (Luna et al, 2012).

En lugares donde las condiciones son cálidas o secas, las plantas tienden a realizar una regulación en sus estomas con el único fin de evitar la pérdida de agua muy rápida realizando un ajuste osmótico para que estas tengan mayores tasas de supervivencia (García & Moreno, 2015).

Al existir un estrés hídrico la planta provocan cambios metabólicos lo que hace que disminuya la producción, el cacao presenta mecanismos lo cual están relacionados con la sequía permitiendo que las plantas presenten una alta turgencia, estudios indicaron que la pérdida del agua se lo da por la transpiración, esto es debido a que presentan una alta resistencia estomática por el estrés hídrico (Almeida et al, 2002).

En Ecuador hay varios problemas que repercuten en el desarrollo de los cultivos permanentes ocasionando grandes pérdidas ya sea de manera directa o indirecta, entre ellos está la sequía y las inundaciones, en el 2016 debido a la sequía se perdieron un total de 3,174.48 (has) y por de inundación un total de 907, 60 (has) (INEC, 2016).

### III. ANTECEDENTES

García & Moreno, (2015). Evaluaron el efecto del déficit en el potencial hídrico y el intercambio de gases en tres clones de cacao, lo cual se evaluaron con cuatro contenidos de agua del 0%, 75%, 100% y 120%, sus potenciales fueron al estar al 100% de humedad en el suelo -0,8 MPa y de -1 MPa con el 75% de humedad en el suelo.

Rada et al, (2005) En el estudio realizado sobre las relaciones hídricas y el intercambio gaseoso en cacao bajo periodos de déficit hídrico en lo que cual se utilizó la bomba de presión Scholander para el potencial hídrico foliar, la toma de las muestras se la realizo de la tercera y cuarta hoja del ápice hacia abajo, las plantas habían sido sometidas a periodos de estrés de agua a los 3, 12 y 25 días, las plantas que se encontraba sin agua a los 25 días disminuyo hasta los -1,7 MPa mientras que las plantas que fueron regadas a los 3 y 12 días disminuyeron hasta alcanzar -1,2 y -1,4 respectivamente.

Gamboa (2010). Realizó un estudio sobre el efecto de las condiciones hídricas del suelo sobre el intercambio gaseoso y el crecimiento en plantas de cacao, lo cual se lo realizo con un total de cuatro tratamientos que contenían el 100% de la (Cc) capacidad de campo, 75% del contenido de humedad, 50% de contenido de humedad y el testigo 0%, el tratamiento que contenía el 100% de (Cc) se obtuvo un mejor desarrollo de la planta, mientras que los tratamientos del 75% y 50% presentaron menor tasa de fotosíntesis y área foliar mientras que el testigo presentaron una menor área foliar.

#### IV. JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador, el cacao se lo siembra en varias extensiones siendo la región Costa donde está la mayor área cosechada de 454.257 (has) este cultivo se caracteriza por que presenta una gran adaptabilidad, generando fuentes de empleo ya se de forma directa o indirecta, por lo que el cacao tiene una mayor demanda tanto nacional e internacionalmente.

El cacao en el país tiene una gran jerarquía económica de 69,321 millones de dólares (PRO ECUADOR, 2017) debido a que el Ecuador es el principal exportador de cacao fino de aroma (ANECACAO, 2017) generando grandes fuentes de trabajo a los agricultores con la producción de este cultivo (INIAP, 2013).

Las plantas de cacao en niveles de humedad cercanos a capacidad de campo presentan buen desarrollo, por tanto, se sugieren estudios a nivel bioquímico que permitan conocer respuestas de aclimatación como el ajuste osmótico, ya que esto permitiría hacia futuro la búsqueda de ambientes más secos donde los problemas fitosanitarios tengan menor incidencia (García & Moreno 2015).

Para la zona de Manabí el INIAP entregó dos clones de cacao que son el EET 575 y EET 576, con finalidad de buscar que estos clones tengan una gran aceptación de los agricultores puesto que tienen una buena adaptabilidad en las zonas de Manabí y así poder obtener mayores rendimiento ya que el agricultor siembra por tradición que CCN51, mientras que el EET103 se prevé que tiene un mayor rendimiento en comparación con los otros clones (Amores et al, 2009)

El agua es uno de los recursos más indispensables para la producción de los alimentos estos es debido a que las plantas lo requieren en todo el ciclo vegetativo, en las plantas este recurso lo conservan el 3% del volumen del agua por lo que lo utilizan en la fotosíntesis y en todos los procesos metabólicos mientras que el 97% están disueltos desde la raíz hasta las hojas ya que en esta se evapora por medio de la radiación que existen en las zona (Muñoz, 2009).

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivos general**

Evaluar el efecto de los diferentes niveles de humedad en el suelo sobre las relaciones hídricas en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)

### **5.2. Objetivos específicos**

Evaluar los cambios en el potencial hídrico foliar a diferentes niveles de humedad en el suelo en cuatro clones de cacao (CCN51 – EET103 – EET575 – EET756)

Determinar las diferencias de ajustes osmóticos a diferentes condiciones de disponibilidad de agua en el suelo sobre cuatro clones de cacao (CCN51 – EET103 – EET575 – EET756)

## **VI. MARCO REFERENCIAL**

### **6.1 Importancia del cacao a nivel Nacional.**

En Ecuador existe un área plantada alrededor de 559, 671 (ha) del cultivo de cacao, siendo Manabí como una de las provincias con mayores hectáreas sembradas de este cultivar, aproximadamente con 99.813 (has) (INEC, 2016) el cacao es un cultivo sumamente importante por su gran aporte económico (IPEI, 2015).

La importancia que tiene dicho cultivo sobre la economía mundial es muy representativa por tal razón se estima que alrededor de 600 mil personas que dependen económicamente del cultivo (MAGAP, 2016).

### **6.2 Ecofisiología del cacao**

El cacao es de clima tropical, mientras que en regiones donde hay bajas temperaturas va afectar en el crecimiento y desarrollo de la planta, para obtener una floración y fructificación de una mejor manera, se debe de tener en cuentas buenos aspectos climáticos entre ello la precipitación, buena temperatura, radiación solar y las condiciones edáficas (CORPOICA, 2000).

Según INIFAP, (2013). En Ecuador el cultivo de cacao se lo cultiva en regiones de una mayor altitud que van de 0 a 1000 (msnm) caracterizándose principalmente por requerir sombra, ya sea de forma temporal o permanente debido a que no tolera alta intensidad lumínica.

#### **6.2.1 Temperatura**

Requiere de una temperatura de 21 a 35°C siendo la más óptima de 25,5°C al existir temperaturas inferiores a los 21°C se llega a presentar una baja producción de flores y de frutos, cuando se presentan temperaturas superiores a los 30°C se afecta la fisiología del árbol del cacao (Fernández, 1998).

#### **6.2.2 Precipitaciones**

El cacao requiere de 1400 a 2500 mm de agua durante todo el año, cuando se presentan precipitaciones menores a los 1400 mm el cultivo requiere de riego y cuando se presentan precipitaciones que son mayores a los 2500 se llega a presentar problemas de hongos en cultivo, en plantas que presentan una altura de 3 metros los coeficientes del cultivo en la

etapa de desarrollo son de 1.0 a 1.05 cuando el cacao se lo tiene por medio de irrigación el coeficiente de cultivo es de 0.5 a 1.3 (INIFAP, 2013).

### **6.2.3 Humedad relativa**

La humedad optima es de 80 a 90% el cultivo de cacao no tolera humedades por debajo del 60% (Fernández, 1998).

### **6.2.4 Radiación solar**

El cacao requiere de sistemas de sombras ya sean de forma temporal o permanente, por lo que lo protege de la fuerte intensidad lumínica en un 2.6%, reportes indican que cuando hay una radiación de 2.50 Cal. cm<sup>2</sup>, se llegan a tener pérdidas de un 28% en la producción de cacao (CORPOICA, 2000).

Jaimez et al, (2008) indica que la planta de cacao al estar situadas bajo sombra esta mantiene altas concentraciones de clorofila y de CO<sup>2</sup>, cuando hay un exceso de sombra hay una menor producción de flores y por ende de frutos y la tasa de asimilación del CO<sup>2</sup>, va ser relativamente baja.

Por otra parte, Almeida & Valle (2008). mencionan que el cacao al mantenerlos en plena luz solar este va a tener una lentitud en el desarrollo de hojas y alta transpiración debido a que la planta perderá agua de una forma muy rápida.

En regiones donde hay una alta presencia de luz la planta va a tener una menor duración de las hojas, la tasa de asimilación del CO<sup>2</sup>, va ser baja y habrá cierre estomático (Jaimez et al., 2008).

Carr, & Lockwoods, (2011). indican que el cacao los estomas están comprendidos de 820 mm<sup>-2</sup> en plantas cuando poseen regadío, mientras en plantas irrigadas poseen de 1100 mm<sup>-2</sup>, cuando se presentan déficit hídrico las plantas realizan un ajuste osmótico para que estas tengas mayores tasas de supervivencia.

López et al, (2015) menciona que el cultivo de cacao para que tenga un buen desarrollo está influenciado por tipos de factores entre ellos el tamaño de la fuente y los fotosimilados. La tasa fotosintética del cacao es de 400 a 750  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  lo que en el cultivo representa alrededor de un 20 y 30% (Almeida & Valle. 2008).

### **6.3 Disponibilidad de agua en las plantas**

Gran parte de los procesos fisiológicos son afectados cuando los niveles en la constitución de sus tejidos disminuyen más del 80% (Urich, 2011). Mientras que su capacidad de retención de agua disponible es el intervalo de humedad disponible que se define como el agua del suelo que puede ser adquirida a un ritmo adecuado para permitir el crecimiento normal de las plantas (Carr & Lockwood, 2011).

Según García & Moreno (2015). señalan que el agua que se encuentra en el suelo es de gran importancia pero cuando existe una pérdida de dicha agua, el potencial hídrico foliar disminuye y continuamente ocasiona el cierre de estomas y por lo cual altera el intercambio de gases y de la misma manera regula la pérdida de agua, el déficit de presión de vapor se acentúa principalmente en horas del mediodía cuando aumenta la evaporación, el impacto de déficit hídrico depende de las variaciones climáticas a lo largo del día, de la misma manera la fotosíntesis neta y el crecimiento de las plántulas de cacao son variables fisiológicas muy sensibles al exceso y al déficit de agua.

El agua del suelo cuando se encuentra disponible para la planta es cuando es contenida entre el punto de marchitez permanente (PMP) y la capacidad de campo (Cc), y depende de la textura, la densidad aparente y la estructura y su movimiento ocurre principalmente por fuerzas capilares o matriciales (Carr & Lockwood, 2011).

### **6.4 Relaciones suelo - planta – atmosfera (SPA)**

En las plantas el agua se mueve a través de los siguientes mecanismos que ayudan en la transportación de agua como: citoplasma, pared celular y los horizontes lípidos, ya que se da entre las gradientes por medio de la presión hidrostática y la presión del vapor del agua, por lo general las gradientes se la realizan en la superficie de las hojas ya que los estomas indican el control en las relaciones del agua en los cultivos (Rivera, 2008).

Gil et al, (2005) cuando las relaciones (SPA) se da exclusivamente en el suelo hasta la atmosfera por lo que tiene como fin que la planta presente una resistencia en el suelo cuando se presenta el movimiento del agua por toda la planta, cuando se da el ingreso del agua por la raíz lo que hace la célula se la mantiene turgente el potencial hídrico es de 0 a -10 MPa y en ambientes con déficit hídrico puede llegar a -2.5 MPa este es debido a que la célula entra en plasmólisis.

El 70% del agua es indispensable en la formación de los azúcares en la planta, por lo que el suelo sirve de soporte para toda la planta y por medio de la atmósfera suministra a la planta agua, nitrógeno y  $\text{CO}_2$ , en las relaciones (SPA) ayudan a que la planta tenga un buen crecimiento y desarrollo para que se obtengan buenos rendimientos en las cosechas futuras (Rojas, (s.a)).

Génova et al, (s.a). menciona que cuando la planta contiene un flujo continuo que existe entre el suelo y la atmósfera se da en la raíz y en las hojas, ya que cuando existen altas temperaturas la planta pierde energía debido a la transpiración y por lo general en muchos lo recupera hasta que se mantenga un buen balance hídrico, los potenciales en la planta se los suele encontrar en el suelo -0.3 MPa y en las hojas -0.8 MPa.

### **6.5 Potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ )**

López et al, (2010) indica que el potencial hídrico foliar de la planta es el estado energético que la célula vegetal contiene, lo que a su vez es un indicador que se puede conocer el estado hídrico de las plantas, la falta de agua en las plantas ocasiona pérdidas, las células se ven afectadas por una serie de factores entre ellos la luz solar y la posición de las hojas.

López, (2000) menciona que el potencial hídrico es lo que describe el estado energético que posee las plantas lo que se da con el fin de que se mantengan las relaciones del suelo – planta – atmósfera, en las hojas se encuentra la mayor proporción del agua que puede llegar hasta el 90% en el citoplasma puede llegar hasta el 5% lo que el potencial puede ser negativo (-) el potencial se lo puede encontrar en rangos de -1 a -1.5 MPa.

Barajas et al, (2006) manifiesta que el movimiento del agua a través del suelo hacia las hojas se lo realiza por medio de la gradiente del potencial hídrico, lo que se da por medio del suelo hacia la raíz, raíz al tallo, el tallo hacia las hojas y de las hojas hacia la atmósfera.

Según Gómez, (1998) al existir la pérdida de agua en las plantas ocasionaría que se dé la competencia de los órganos y los tejidos de la planta, lo que la turgencia de la planta disminuye lo que se da una reducción del potencial hídrico.

El potencial hídrico está dado por las relaciones del suelo – planta – atmósfera, por lo que los tejidos, órganos y las hojas al estar totalmente hidratadas las células se mantendrán totalmente turgente (Polonia et al., 2003).

Alegría, (2016) manifiesta que del mismo modo las plantas al estar sometidas a déficit hídrico su potencial esta entre 8 a 15 (bares) al estar en plena sequia su potencial es de 15 a 30 (bares), la planta cierra los estomas para evitar que haya una perdida excesiva de agua, en la vacuola se da la acumulación de los solutos entre ellos la prolina, betanina, sacarosa, iones orgánicos  $K^+$   $Cl^-$  P.

### **6.5.1 Métodos para medir el potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ )**

Para medir el potencial hídrico foliar se lo realiza con la bomba de Scholander, lo cual en realizar el corte de una hoja ya sea la tercera o cuarta hoja y llevarla a la cámara de presión por lo que en el extremo del peciolo se podrá observar la sabia de la hoja (Azcón – Bieto, & Talón, 2013).

Salisbury & Ross (1992) indican que en la medición del potencial hídrico foliar se lo hace cortando una hoja totalmente madura e hidratada por lo que se la tiene que colocar en una funda con el fin de evitar que esta se deshidrate antes de llevarla a la cámara de presión con el fin de poder observar el exudado de la sabia por el peciolo.

La bomba de Scholander nos permite medir el agua que se encuentra retenida en las partes de la planta, lo que a su vez se puede llegar a medir el potencial hídrico de la hoja ( $\psi_h$ ) lo que está totalmente influenciado por la ubicación de la hoja en la copa del árbol, mientras tanto el potencial hídrico del xilema ( $\psi_x$ ) este puede medir el estado hídrico de toda la planta (SEPOR, (s.a)).

### **6.6 Módulo de elasticidad ( $\epsilon$ )**

Se considera que la elasticidad de la pared celular es un mecanismo fisiológico de gran importancia, por lo que puede ayudar a mantener un régimen hídrico adecuado, de tal forma que puede activarse de manera adaptiva a los diferentes contenidos de humedad del suelo, causadas por las precipitaciones o también por los cambios artificiales, y por lo general se trata de ciertos niveles de agua en el suelo que son controladas (Vega, 2017).

Según, Jara & Celis (1989) establece que el incremento de elasticidad en la pared celular ayuda a conservar un mayor turgor celular y permitirá que las plantas sean tolerantes a la sequía.

Por otra parte, la elasticidad viene dada por el grado de hidratación y por ciertas modificaciones de las enzimas, por lo cual una pared elástica, disminuye poco potencial

hídrico por cada unidad de pérdida de contenido de agua y un tejido poco elástico, pierde mucha turgencia con una pequeña disminución del contenido de agua (Rada et al. 2005).

### **6.7 Ajuste osmótico ( $\Delta\phi$ )**

Según Herrera et al, (2006) manifiesta que el ajuste osmótico tiene la facilidad de la acumulación de los solutos en la célula debido a la disminución de los niveles de turgencia en la planta y por ende hay una menor área foliar y la muerte de todos los tejidos. También se lo realiza cuando la planta presenta un estrés por salinidad, cuando se realiza el ajuste osmótico ( $\Delta\phi$ ) se lo realiza con el fin de que las plantas tengan una buena respiración y fotosíntesis (Argentel et al, 2013).

Uno de los roles principales del ajuste osmótico ( $\Delta\phi$ ) es en mantener a la célula turgente cuando las plantas presentan un estrés por la falta de agua, lo que se hace que exista una baja actividad fotosintética. (Silva & Acevedo 1993). Las plantas al estar sometidas a un estrés hídrico se da un incremento de las células (Biasutti, & Galiñanes 2001).

Ortiz et al, (2003) expone que con el ajuste osmótico ( $\Delta\phi$ ) se da la disminución del potencial de los solutos en las hojas, raíces y tallos, por lo que debe tener en cuenta las condiciones existentes en la zona como tales la temperatura, intensidad lumínica y las relaciones hídricas. Cuando en los cultivos presentan un déficit hídrico la planta tiene una disminución del potencial osmótico lo que se acumulan iones orgánicos, en el citoplasma hay una acumulación de sacarosa, prolina que impiden que se la disminución del potencial hídrico (Díaz et al, 1999).

Las plantas cuando están afectadas por sequía estas actúan mecanismos osmóticos como el aumento de los solutos y estomático (Faria et al, 1994). El mecanismo del ajuste osmótico permite que la célula se mantenga turgente con el incremento de la prolina para evitar la desecación de la misma (Parra et al, 2002).

Silva et al, (2007) refiere que el ajuste osmótico se la asocia con el déficit hídrico para que la planta pueda absorber agua y se mantenga su actividad fisiológica por lo que es indispensable para el crecimiento de las plantas. Cuando se da el ajuste osmótico en la vacuola se da acumulación de  $K^+$ , y de los solutos que estas afectan de manera negativa la funcionalidad de la célula (Moreno, 2008).

## VII. DISEÑO METODOLÓGICO

### 7.1 Ubicación de la investigación

La presente investigación se la realizó en la estación experimental “Teodomira” perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí ubicada en la parroquia Lodana del cantón Santa Ana, con las coordenadas geográficas de 01°09´ LS y 80°21´ LO con una altitud de 60 msnm.

### 7.2 Características de la zona de estudio

#### 7.2.1 Características climatológicas <sup>1</sup>

Temperatura media	:	25°C
Temperatura mínima	:	20°C
Temperatura máxima	:	30 °C
Humedad relativa	:	82%
Precipitación	:	550 mm

---

1. Datos tomados de la Estación Agro meteorológica de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, Santa Ana, 2017. Manabí

### 7.3 Datos edafológicos y análisis de agua

Las características físico-químicas del análisis del suelo y el análisis del agua, en el cual se realizó la investigación se presentan a continuación

El análisis del suelo (Cuadro1) la clase textural es franco arcilloso, con un pH 7,1 (Neutro), el contenido de materia orgánica (M.O) es medio y la conductividad eléctrica (C.E) es no salino. La disponibilidad de nitrógeno (N) es medio mientras que el fosforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y el potasio (K) es alto en cambio el sodio tiene un valor medio.

Para el análisis del agua (Cuatro 2) este presento un pH de 7 normal, la conductividad eléctrica (C.E) es normal el contenido de Calcio (Ca), magnesio (Mg) y el de cloro es normal, la dureza del agua es blanda.

### Cuadro1. Análisis del suelo

Características		Valor	Clasificación
Clase textural	(----)		Franco-arcilloso
pH (H2O)	(----)	7,1	Neutro
M.O	(%)	3,2	Medio
C.E	ds m <sup>-1</sup>	0,23	No salino
NH <sup>4+</sup>	(mg kg <sup>-1</sup> )	23	Medio
P (olsen)	(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	78	Alto
Ca <sup>2+</sup>	(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	21	Alto
Mg <sup>2+</sup>	(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	6,5	Alto
K <sup>+</sup>	(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	3,48	Alto
Na <sup>+</sup>	(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,98	Medio

**Fuente:** Laboratorio de Análisis de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2017

### Cuadro 2. Análisis del agua

Característica		Valor	Interpretación
pH		7	Normal
C.E	ds m <sup>-1</sup>	0,23	Normal
Ca	mg/1	23	Normal
Mg	mg/1	6,6	Normal
Cl	mg/1	45,5	Normal
Dureza	mg/1	85	Blanda

**Fuente:** Laboratorio de Análisis de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2017

## 7.4 Material experimental

Se utilizaron 4 clones de cacao

- CCN51
- EET103
- EET575
- EET576

### 7.4.1 Clon CCN 51

El clon de cacao CCN51 (Colección Castro Naranjal) tipo 51, dado por el ingeniero agrónomo Homero Castro Zurita, quien realizó cruzamientos con el fin de obtener un

cacao de alta calidad y que sean resistentes a las enfermedades a tales como Moniliasis (*Monilia roleri*) mal del machete (*Ceratocystis fimbriata*) y la escoba de bruja (*Crimipellis perniciosa*) como lo menciona (Cevallos, 2011). este clon se caracteriza principalmente por tener una buena productividad y adaptabilidad en todas la zonas cacaoteras del país (Vera et al, 2016) además tiene una gran demanda este clon debido por ser fino de aroma (Vera et al, 2014).

Mastahinich, (2011) y Gamboa (2015) expone las características que presenta este clon en estudio:

**Cuadro 3.** Características fenotípicas del clon CCN51

Resistente a la escoba de bruja, moniliasis	La mazorca es grande
Presenta alrededor de 40 a 60 semillas por mazorca	La producción inicia a los 18 meses
El rendimiento es de 2,760 kg/ha	Presenta el 54% del contenido de grasa

**7.4.2 Clon EET 103**

Se le conoce como Tenguel 25 fue descrita por el ingeniero agrónomo Gustavo Enríquez en el año de 1965 (Lucero, 2014). Se estima que tiene un promedio anual de producción de 2,529 kg/ha (Mera & Ruiz 2014).

Quiroz, (2000) Menciona que este clon en nuestro medio se lo siembra a gran escala, la forma de la mazorca es de ovoide, la cascara es gruesa se caracteriza por ser tolerante a la escoba de bruja (*Crimipellis perniciosa*) y susceptible a la monilia (*Monilia roleri*) y resistente al mal de machete (*Ceratocystis fimbriata*).

**7.4.3 Clon EET 575**

Amores et al, (2009) indica que el crecimiento de este clon es semi – erecto lo que también es autoimcompatible también se caracteriza por que las mazorcas son grandes en comparación de los otros clones en estudio y llegan a poseer hasta 41 semillas por mazorca, el rendimiento de este clon es de 1,512 kg/ha. Las almendras de este clon son de color purpura morado (Mendoza & Parraga, 2017).

#### 7.4.4 Clon EET 576

Este clon tiene una similitud al clon EET575, las mazorcas de este clon son de tamaño grandes por lo que se lo asemeja al Nacional, el rendimiento de este clon es de 1,200 kg/ha. Unas de las características que presenta que es tiene un alto grado de homogeneidad en lo que respecta al tamaño de las almendras, además presenta una buena acidez y amargor, y por ser cacao fino de aroma (Mendoza & Parraga, 2017).

#### 7.5 Conducción del ensayo

Los diferentes clones se sembraron en tanques con capacidad de 270 litros de agua, los cuales se llenó con una mezcla en la relación 3:1:1 de (suelo, arena y materia orgánica). Las plantas de cacao fueron sembradas en condiciones semicontroladas, como fueron la luz y la humedad del suelo. El riego se lo realizó manualmente se los medidos con probetas la cantidad de agua para cada tratamiento, y estará en función a la evapotranspiración del cultivo y los coeficientes de estudios.

#### 7.6 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de parcelas divididas completamente aleatorizado con 4 niveles de agua de acuerdo a los coeficientes del cultivo ( $K_c$ ), 4 clones y 4 repeticiones, obteniendo 16 tratamientos y un total de 64 unidades experimentales, el área útil de la unidad experimental estará conformada por una planta, la parcela principal fueron los 4 niveles de agua y las sub-parcelas los cuatros clones (CCN 51 – EET 103 – EET 575 – EET 576). Los tratamientos consistieron en la aplicación de los cuatros diferentes niveles de agua que se aplicaron a los tanques plásticos, donde están sembradas las plantas de cacao y estas estaban ubicadas bajo una cubierta de plástico de 5 metros de altura, el riego se lo realizo manual localizado.

A = volumen donde “A” será el área transversal del tanque:

(Ecuación 1)

$$A = \pi r^2$$

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

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

$$A = 4,277, 62 \text{ cm}^2/10.000\text{m}^2$$

$$A = 0,43 \text{ m}^2$$

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

- $K_c 1.0 \times ET_0 = 100\%$  (Testigo)
- $K_c 0.8 \times ET_0 = 80\%$
- $K_c 0.6 \times ET_0 = 60\%$
- $K_c 0.4 \times ET_0 = 40\%$

$K_c$  = Coeficiente de cultivo

$ET_0$  = Evapotranspiración de referencia

## 7.7 Análisis estadístico

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 ( $P \leq 0.05\%$ )

**Cuadro 4.** Esquema del ADEVA

Fuente de variación	G.L	G.L
Bloques	b-1	3
Nivel de agua	n-1	3
Error (a)	(c-1)(n-1)	9
Clon	c-1	3
Agua * Clon	(n-1)(c-1)	9
Error (b)	(b-1)(c-1)n	36
Total	(bcn-1)	63

## 7.8 Variables de respuestas dependiente

- Potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ )
- Determinación de la curva de volumen presión
- Ajuste osmótico ( $\Delta o$ )

### 7.8.1 Potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ )

Se realizó determinaciones de  $\Psi_f$  entre las 7h00 – 8h00 am y a la 13h00 – 14h00 pm ( $\Psi_f$ ). Según López (2005), las medidas deben de realizarse en la tarde, esto es debido a que la planta presenta un desequilibrio por la transpiración.

Se realizó con la bomba de Scholander Instrument (MODEL 3005F01 PLANT WATER STATUS CONSOLE Corp. Santa Bárbara, California-USA), se seleccionó la cuarta a quinta hoja del ápice hacia abajo, se evaluó dos hojas de cada unidad experimental. Después de cosechada la hoja en el peciolo se midió en el campo el potencial hídrico, lo que se colocó la hoja en la bomba para empezar a darle presión para observar las primeras gotas de savia y se registró el valor de la presión en bares.

### **7.8.2 Determinación de la curva de presión – volumen en hojas de cacao**

Para la construcción de la curva presión-volumen se empleó la metodología descrita por Brown y Tanner (1983); se tomaron las hojas antes de 24 horas de aplicar el riego las hojas que cumplían con los requisitos para la medición del potencial hídrico xilemático serán de la misma manera para este procedimiento. Una vez que se corta la hoja (se la colocó en un recipiente con agua y se cubrió con una bolsa negra para que no transpire) su peso se registró en una balanza analítica marca AND (modelo EJ-200, 0.01 g de precisión, Korea), luego se la introdujo en la cámara de la bomba Schölander (MODEL 3005F01 PLANT WATER STATUS CONSOLE Corp. Santa Bárbara, California-USA) donde será presurizada a una tasa de 1 bar/2s. Con la ayuda de una lupa se observaba la parte del peciolo que queda expuesta y cuándo comenzará a formarse un menisco de agua en el tejido, el ingreso de nitrógeno presurizado a la cámara será detenida, este instante representaba el equilibrio de la tensión interna del xilema con la presión del gas en el interior de la cámara; por lo tanto, el valor en el manómetro se registrará como el potencial hídrico del xilema. Este ciclo se repetirá las veces que sea necesario hasta que se establezca en la misma muestra siguiendo el procedimiento de Jara & Celis, (1989).

P<sub>tm</sub>: peso turgor máximo.

### **7.8.3 Ajuste osmótico ( $\Delta\sigma$ )**

El potencial osmótico o full turgor ( $\Psi^{100}$ ) y el potencial osmótico punto de pérdida e turgor ( $\Psi^0$ ) y el módulo de la elasticidad ( $\epsilon$ ) se obtuvo de la relación del contenido relativo de agua versus 1 ( $\Psi$ ) usando el programa (Microsoft Excel 2000, Universidad de California Beskely; Shulte and Hiverkley, 1985)

## **7.9 Manejo agronómico**

### **➤ Preparación del suelo**

Fue realizado mediante una mezcla de arena, suelo y materia orgánica con relación 3:1:1 respectivamente posteriormente se procedió con el llenado de los tanques.

### ➤ **Trasplante**

Se la realizo cuando las plantas tenían 6 meses en etapa de vivero se trasplantaron los clones de cacao (CCN51, EET103, EET575, EET576) con un total de 64 plantas los que comprendía el ensayo

### ➤ **Fertilización**

En el cultivo de cacao se realizaron fertilizaciones por vía foliar y de manera edáfica.

**Edáfica:** Abono completo 15 (N)-15 (P)-15 (K), Sulfato de amonio

**Vía foliar:** Yaramila complex, Terranova Multimix (Boro 0.03%; Magnesio 1.07%; Manganeso 0.82%; Hierro 0.89%; Zinc 0.87%; Cobre 0.18%), Kaliunin (Aminoácidos) (Oxido de potasio 100.000 pm; aminoácidos totales 17%), Green Master 7 (N)- 8 (P)- 15 (K).

### ➤ **Poda**

Se la realizó a los 9 meses de edad de la planta, con el fin de estimular la formación de nuevos brotes, flores y frutos, al finalizar la poda se la aplico oxiclورو de cobre para evitar la proliferación de enfermedades.

### ➤ **Riego**

Fue realizado dos veces por semana, tomando en cuenta el Kc (Coeficiente del cultivo) (100%, 80%, 60%, 40%) establecido para cada tratamiento, la determinación de la evapotranspiración se la calculo por medio del Software Cropwat 8.0 con los datos de la temperatura máxima y mínima, humedad relativa, velocidad del viento e insolación, con el valor se procedió a calcular la evapotranspiración del cultivo multiplicando por cada Kc.

### ➤ **Control de insecto - plagas**

Las plagas que se afectaron al cultivo al cultivo fueron las cochinillas (*Planococcus spp.*) se realizó un monitoreo en el ensayo y se aplicó control químico Confidor 350 SC y Fortune i.a (Imidacloprid) con dosis de 20 cm.

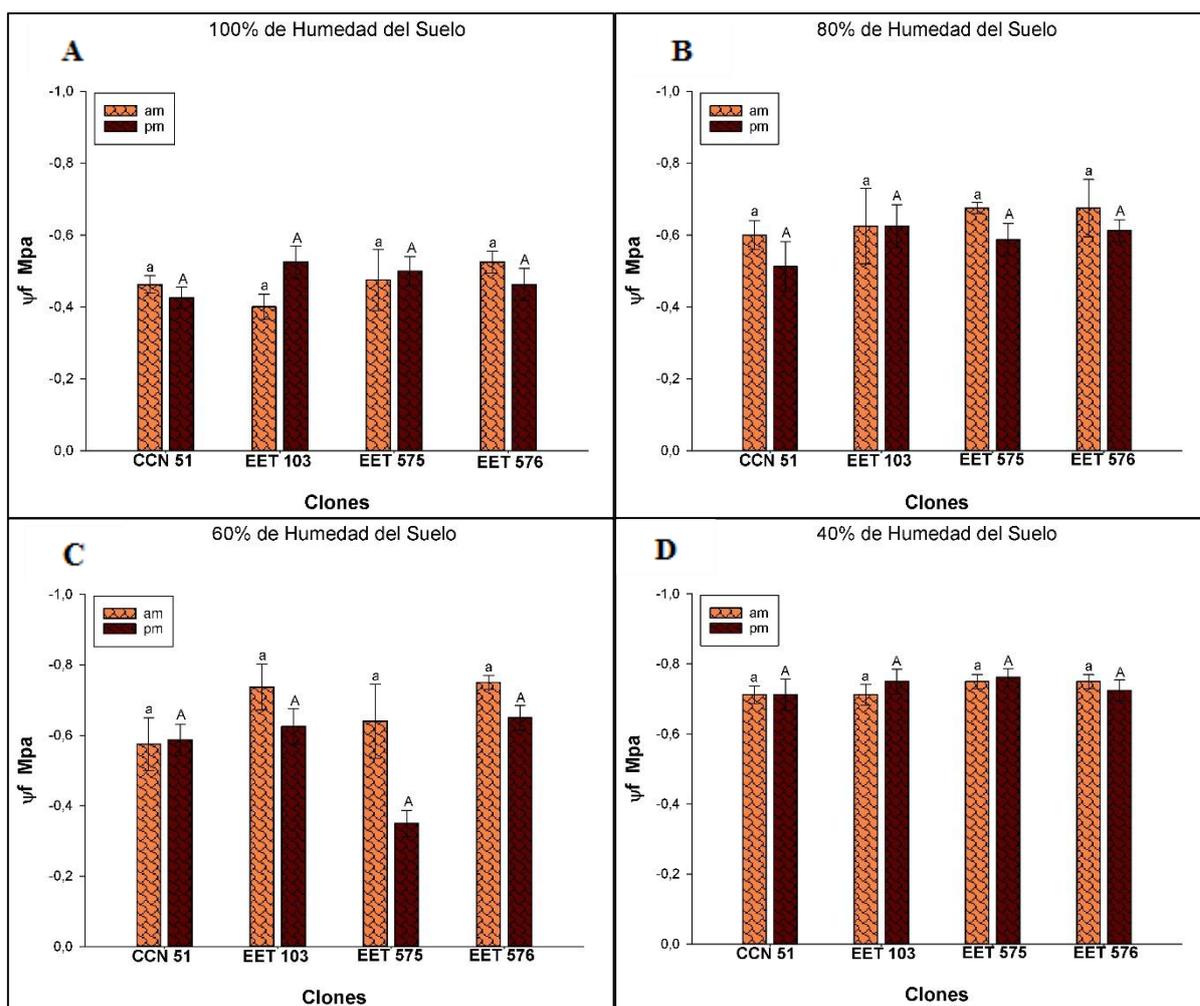
### ➤ **Control de enfermedades**

Se aplicó como método preventivo Ridomil Gold MZ 68 WG i.a (Mancozeb 640 + Metalaxilo 40).

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1 Potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ )

El potencial de las plantas permite en conocer el estado hídrico en el que se encuentra la planta (Pagan, 2012). Para sus procesos de fotosíntesis y el crecimiento de las células, la planta bajo estrés hídrico reduce su producción originando pérdidas (Pérez et al, (s.a)) es una de las medidas en el cual por medio de una cámara de presión nos permite en conocer el estado hídrico de la planta (García, 2010).



**Figura 1. Potencial hídrico foliar evaluación 1. 100% (A) 80% (B) 60% (C) 40% (D) sobre las relaciones hídricas en cuatro clones de cacao. Medias por la misma letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Tukey a  $P < 0.05$**

La figura 1. muestra los cuatro niveles de humedad en el suelo y los cuatro clones estudiados el cual el 100% (control) de humedad en el suelo el clon EET103 obtuvo un potencial de -0,40 MPa en la mañana y en la tarde fue de -0,53 MPa con el mismo genotipo (Figura A), mientras con el 80% de humedad en el suelo en la mañana con

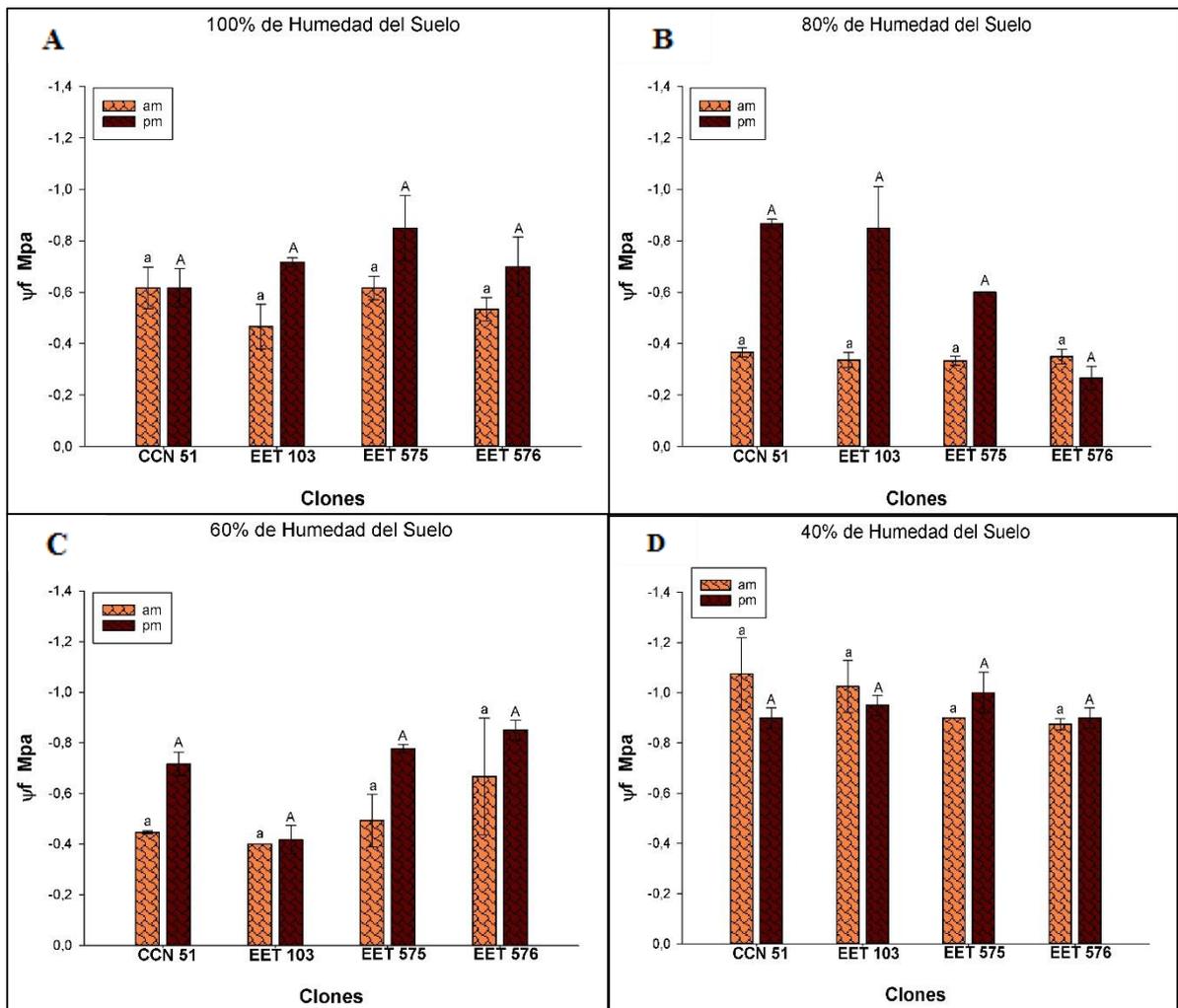
potencial de -0,60 MPa el clon CCN51 mientras que en la tarde fue de -0,63 MPa para el clon EET103 (Figura B), el 60% de humedad en el suelo con potencial de -0,58 MPa en la mañana el clon CCN51 y en la tarde -0,65 MPa para el clon EETT576 (Figura C) y con el 40% de humedad en el suelo el potencial fue de -0,71 MPa para los clones CCN51 y EET103 en la mañana y de -0,76 MPa en la tarde el clon EET575 (Figura D) (Anexo 12). Se asume que los potenciales con el 40% de humedad en el suelo se incrementaron esto es debido a que existe una mayor restricción de humedad en el suelo en comparación con el resto de los tratamientos.

En la cual Bradford & Hsiao (1982) estimó que estos valores corresponden a un estrés moderado de -1 a -2 MPa (Anexo 17).

Cabe mencionar en una investigación realizada por Araque et al., (2012) En el cual trabajo con cinco cultivares de cacao (Criollo, Merideño, Guasare, Lobutera y Porcelana), las evaluaciones se las realizaron el época lluviosa y seca y realizaron mediciones tanto en la mañana como en la tarde, reportando potenciales de -0,35 a -0,60 MPa en la época lluviosa mientras que con déficit de humedad fue de -0,82 a -1,72 MPa, lo que indica que los resultados obtenidos se asemejan con los genotipos estudiados.

En un estudio realizado por Do Santos et al, (2014). en el cual se evaluaron 36 genotipos de cacao en condiciones semicontroladas las cuales estaban con control de agua y en restricción del agua, el potencial fue de -0,1 a -0,5 MPa las que se encontraban con control del agua y de -2,0 a -2,5 MPa las que se las encontraba con restricción del agua, las mismas que los resultados que se obtuvieron en esta investigación están en un rango con los obtenidos.

Así mismo, Teraza et al., (2016) realizó un estudio sobre las características ecofisiológicas de los cultivares de cacao criollo y forastero, en cual evaluaron potencial hídrico foliar en la mañana y en la tarde en arboles maduros, en cultivar forastero en la mañana fue de -0,24 MPa y en la tarde de -0,50 MPa mientras que el cultivar criollo en la mañana -0,28 y -0,55 MPa en la tarde, estos resultados están por debajo de los potenciales que se obtuvieron en la tarde.



**Figura 2. Potencial hídrico foliar evaluación 2. 100% (A) 80% (B) 60% (C) 40% (D) sobre las relaciones hídricas en cuatro clones de cacao. Medias seguidas por la misma letra no son significativas entre si la prueba de Tukey, a  $P < 0.05$**

En la figura 2. Se observa los cuatro niveles de humedad en el suelo, con los cuatro genotipos en estudio, el tratamiento con el 100% (control) de humedad se da a notar que en horas de la mañana el clon EET103 obtuvo el menor potencial de -0,47 MPa, mientras que en horas de la tarde con el mismo nivel de humedad se observa que el clon EET575 fue el que obtuvo mayor potencial con -0,85 MPa (Figura A). Por otro lado el tratamiento que se aplicó el 80% de humedad en el suelo se visualiza que el clon EET575 fue el que obtuvo menor potencial -0,33 MPa mientras que en horas de la tarde el clon que alcanzó un mayor potencia fue el CCN51 con un promedio de -0,87 MPa (Figura B)

Sin embargo con el 60% de humedad en el suelo el clon con menor potencial fue el EET103 con un promedio de -0,40 MPa, mientras que en horas de la tarde el clon EET576 fue el que obtuvo un mayor potencial con -0,85 MPa (Figura C). Con respecto al 40% de humedad en el suelo el clon con menor potencial en horas de la mañana fue el EET576

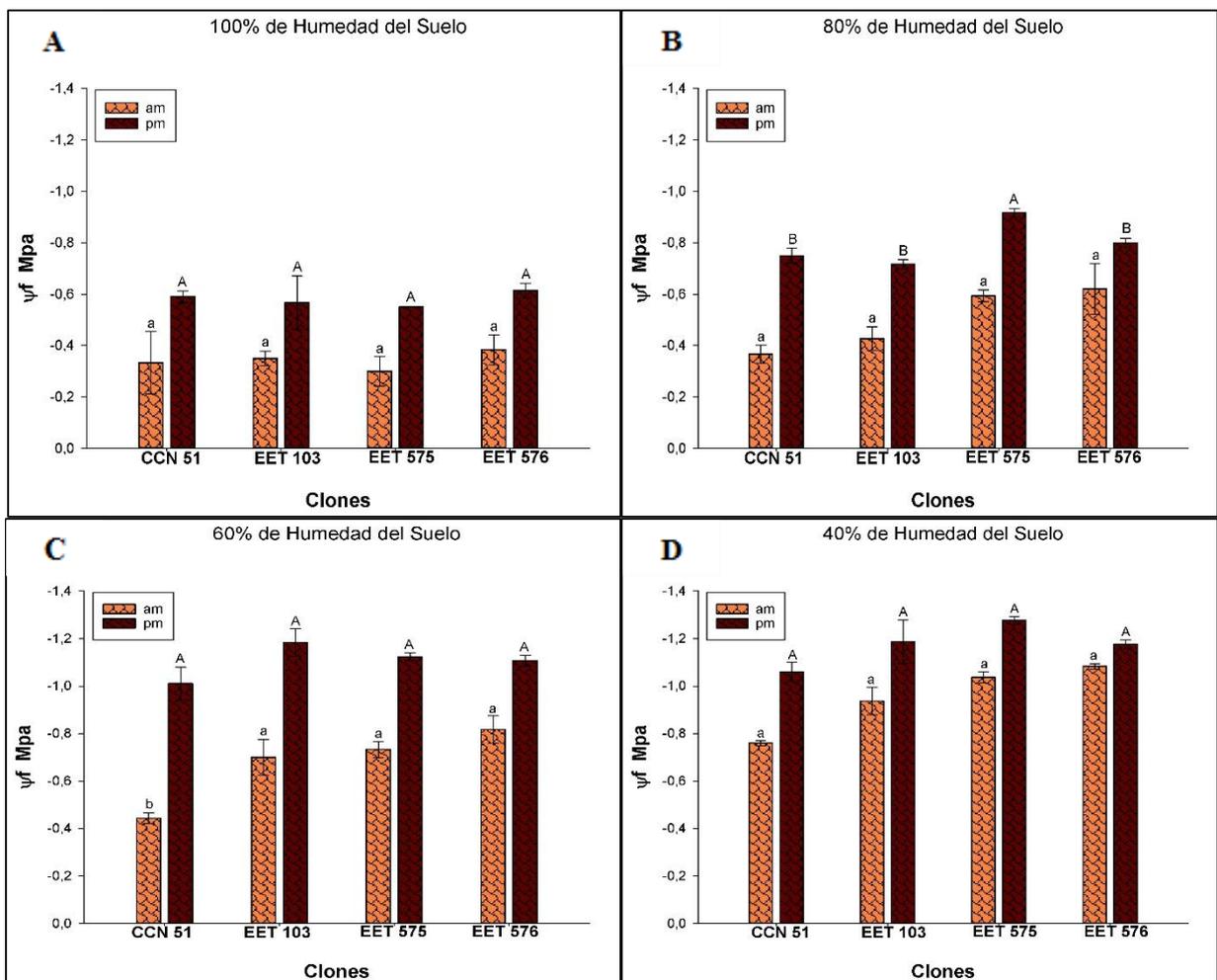
con un potencial de  $-0,88$  MPa, y en horas de la tarde el clon que obtuvo el mayor potencial fue el EET575 con un promedio de  $-1,00$  MPa (Figura D) (Anexo 13). En la evaluación realizada los potenciales en la tarde tienden a incrementar esto es debido a que la planta transpira más que en horas de la mañana.

Además los resultados obtenidos por, (García, J & Moreno, L. 2015) en lo cual realizaron un estudio utilizando cuatro niveles de humedad de 0%, 75%, 100%, 125%, aplicados en tres clones de cacao como fueron ICS95, JCS60 y el CCN51, ellos mencionaron que al estar al 0% y al 75% de humedad las plantas de cacao llegaban a obtener un potencial bajo de  $-1$  a  $-1,4$  MPa. Mientras que al 125% de humedad el suelo quedaba sobresaturado lo que permitían el desarrollo de enfermedades fungosas. Ambos terminaron recalcando que el nivel al 100% de humedad es el más óptimo ya que permiten que las células se encuentren con mayor turgencia, obteniendo un potencial de  $-0,80$  MPa, los resultados obtenidos son similares con la investigación realizada, los valores obtenidos en la mañana están en el rango con la investigación realizada.

Por otro lado (Barragán, 2017) realizó un estudio en Quevedo involucrando a 12 clones de cacao ya que dicho estudio lo realizó tanto en época seca como lluviosa, menciona que en la época seca en horas de la mañana obtuvo potenciales de  $-0,60$  a  $-0,70$  MPa, y en la tarde iban potenciales de  $-1,15$  a  $-1,34$  MPa. Y en la época lluviosa el potencial en la mañana fueron de  $-0,50$ , a  $-0,59$  MPa. Y en horas de la tarde los potenciales fueron de  $-0,62$  a  $-0,63$  MPa, estos coinciden con los resultados encontrados en nuestro trabajo.

De esta forma Bradford & Hsiao (1982) menciona para que unas plantas obtengan sus procesos fisiológicos de manera aceptable su potencial debe ser de  $-1$  MPa cuando estas están adecuadamente regadas. (Anexo 17).

Abrisqueta (2010) indica en un estudio realizado para obtener buenos rendimientos en los cultivos y calidad en los frutos se debe de controlar el potencial hídrico foliar.



**Figura 3. Potencial hídrico foliar evaluación 3. 100% (A) 80% (B) 60% (C) 40% (D) sobre las relaciones hídricas en cuatro clones de cacao. Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Tukey, a  $P < 0.05$**

Como podemos observar en la figura 3. Se muestran los promedios de la tercera evaluación del potencial hídrico foliar, en el cual el 100% (control) de humedad en el suelo el menor potencial fue de -0,30 MPa en la mañana para el clon EET103 mientras que en la tarde fue -0,61 MPa el clon EET576 (Figura A), con el 80% de humedad en el suelo en la mañana obtuvo potenciales de -0,37 MPa con el clon CCN51 y de -0,92 MPa en la tarde el clon EET575 (Figura B), con el 60% de humedad en el suelo el clon CCN51 el potencial fue de -0,44 MPa mientras que en la tarde el clon EET103 obtuvo potenciales mayor de -1,18 MPa (Figura C) y con la menor de humedad con el 40% de humedad en el suelo en horas de mañana fue de -0,76 MPa el clon CCN51 y en horas de la tarde de -1,28 MPa el clon EET575 MPa (Figura D) (Anexo 14). El tratamiento con el 100% de humedad en el suelo respondió de una mejor manera esto es debido a que la célula se le encuentra totalmente turgente llegando a obtener potenciales menos negativos.

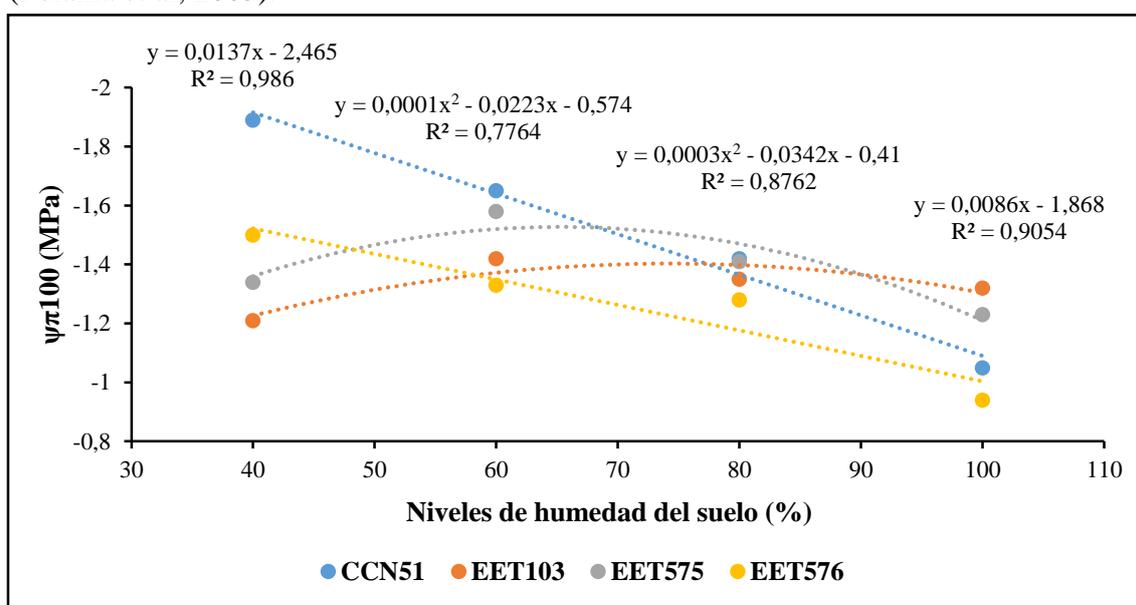
Así mismo, Rada et al, (2005) en el cual realizó un trabajo en relaciones hídricas en clones de cacao, las cuales estas fueron regadas a los 3, 12 y 15 días respectivamente, las que fueron regadas a los 15 días el potencial fue de -1,7 MPa mientras las que fueron regadas a los 3 días el potencial fue de -1,2 y a los 12 días fue de -1,4 MPa, estos valores coinciden con los obtenidos en la investigación

De la misma manera, Correa et al, (2012) realizó un trabajo con naranjas valencianas en Colombia, por lo que se los encontraba con el 100% de humedad en el suelo, 50% de humedad en el suelo y con 0%, con el 100% de humedad en suelo su potencial fue de -0,5 MPa, con el 50% el potencial fue -2,0 mientras que el testigo con el 0% de humedad en el suelo fue de -2,5 MPa, estos valores presentan similitudes con los obtenidos en la investigación

Joly & Hahn (1989) realizaron es un estudio en invernadero lo cual evaluaron las respuestas del agua en control de humedad y restricción de humedad, en las plantas de cacao de tipo Amazónico (EET-399 y EET-400) y Trinitario (UF-613) las que tenían control de humedad fue -0,8 a -1,0 MPa siendo un estrés moderado y las de restricción de humedad de -1,76 MPa siendo un estrés severo.

## 8.2 Curva de presión – volumen

Las curvas de presión volumen nos ayuda a conocer los potenciales osmóticos de la planta, lo que nos permite determinar un rango más amplio sobre el contenido hídrico total, la relación del peso turgente y el peso seco, potenciales osmótico a máxima saturación y a pérdida de turgor, contenido relativo del agua y el módulo de elasticidad (Polania et al, 2003).



**Figura 4. Potencial osmótico a máxima saturación sobre las relaciones hídricas en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)**

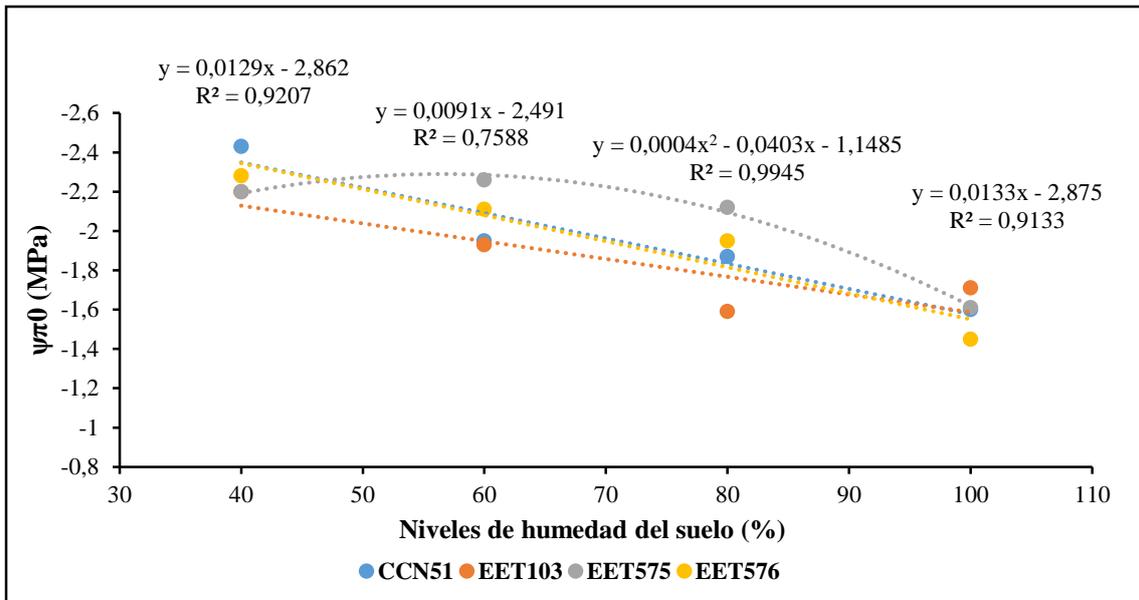
Considerando los diferentes niveles de agua, en la figura 4, nos muestra las respuestas de los diferentes tratamientos correspondientes al potencial osmótico a máxima saturación en los diferentes clones de cacao, esto indica que al 40% de humedad en el suelo el clon el CCN51 obtuvo un mayor potencial osmótico con un valor de -1,89 MPa, a diferencia del clon EET576 que fue el que se presentó con un menor valor de -0,94 MPa correspondiente al 100% (control) de humedad. (Anexo 15).

Esto concuerda con lo reportado por, (Barragán, 2017) en el cual realizó un trabajo con 12 clones de cacao tanto en época lluviosa como en época seca, y menciona que el potencial osmótico a máxima turgor en la época lluviosa fue de -1,00 a -1,08 MPa mientras que en la época seca se presentaron de -1,47 a -1,97 MPa, siendo los clones CCN51, EET 103, L26H64 Y L46H98.

De acuerdo con (Araque et al, 2012) Trabajaron con diferentes cultivares de cacao (Criollo, Lobutera, Merideño, Guasare, Porcelana) en época lluviosa y época seca, ya que

el potencial osmótico a máximo turgor en la época lluviosa fue de -0,86 a -2,25 MPa y por otra parte en la época seca fue de -1,28 a -2,37 MPa.

Según (Almeida & Valle 2009) mencionan que las plantas al perder por completo su turgencia de la célula no van a tener la capacidad de seguir con los procesos de fotosíntesis y la respectiva elongación celular



**Figura 5. Potencial osmótico a punto de pérdida de turgor sobre las relaciones hídricas en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)**

Por otro lado en la figura 5, se muestra que el clon CCN51 su potencial fue mayor con un valor de -2,43 MPa estando al 40% de humedad en el suelo, a diferencia del clon EET576 que fue el que se presentó con un menor valor como fue de -1,45 MPa, con una humedad en el suelo de 100% (control) (Anexo 15).

De la misma manera (Barragán, 2017) menciona que el potencial osmótico a mínimo turgor en la época lluviosa fue de -1,17 a -1,40 MPa mientras que en la época seca se obtuvo valores de -1,96 a -2,57 MPa, siendo los clones que mayor sobrevivieron como el EET-103 y el L46 H 89.

Otra investigación realizada por, Araque et al, (2012) en el cual trabajo con cinco cultivares de cacao tanto en época lluviosa como en la seca en el cual obtuvo potenciales que van de -1,28 a -2,74 MPa en época seca mientras que en la época lluviosa se obtuvo potenciales de -1,18 a -2,37 MPa.

Del mismo modo (Rada et al, 2005) realizó un trabajo con plantas de cacao de tipo Guasare de cuatro años de edad, y dichas plantas se encontraban con restricción de agua a los 3 días el cual obtuvo un potencial de -1,85 MPa mientras que a los 12 días su potencial fue de -2,48 MPa y el que se encontraba a mayor seguía que el de 25 días fue de -2,53 MPa

### 8.3. Ajuste osmótico ( $\Delta\sigma$ )

Es la acumulación de los solutos con el fin de hacerlas tolerantes a diversas condiciones adversas tales como estrés hídrico o por salinidad (Argentel et al, 2013) cuando la planta realiza el ajuste osmótico lo que hace que se mantengan una correcta asimilación del agua y que esta célula se mantenga turgente por un largo periodo, este mecanismo permite que exista una pérdida del agua muy rápida (González, 2015). En la osmorregulación intervienen elementos como tales Na, K y Cl (Silva & Acevedo, 1993) se retrasa la defoliación y la planta puede continuar realizando sus actividades fisiológicas (López, 2005).

Ajuste Osmótico ( $\Delta\sigma$ )					
MPa					
Clones	Niveles	Media		Error	
CCN51	60%	0,60	±	0,14	ef
	40%	0,84	±	0,14	g
EET103	60%	0	±	0,14	a
	40%	0,21	±	0,14	bc
EET575	60%	0,35	±	0,16	cd
	40%	0,11	±	0,16	ab
EET576	60%	0,39	±	0,12	cd
	40%	0,56	±	0,12	de

**Cuadro 5. Ajuste osmótico sobre las relaciones hídricas en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)**

El cuadro 5, nos muestra que el tratamiento con el 40% de humedad en el suelo el ajuste fue de 0,84 MPa y con el 60% de humedad en el suelo fue de 0,60 MPa para el clon CCN51 los presentaron un mayor ajuste, mientras que el clon EET576 con la menor humedad del suelo del 40% fue de 0,56 MPa y con el 60% de humedad en el suelo el ajuste fue de 0,39 MPa.

Cabe señalar que el trabajo realizado por Barragán (2017) en cual trabajo con 12 clones de cacao en época lluviosa y en la época seca, presento ajustes osmóticos que comprenden de 0,20 a 0,45 MPa siendo los clones L46H75, L9H26, L12H27, EET-103, L46H88,

L26H64, L8H12, CCN 51 que presentaron un mejor ajuste osmótico, los valores se encuentran en un rango con los obtenidos.

Por otra parte, Taiz & Zeiger (2006) mencionan que el limite menor del ajuste osmótico para que las plantas empiecen con la acumulación de solutos en la repuesta a la limitación del agua es de 0,22 MPa.

Medina & Lalibete (2017) En un estudio realizado en Mérida Venezuela en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas realizado en el cual evaluaron arboles maduros de cuatro años de edad los cuales los dejaron con déficit de agua, llegándose a reducir el crecimiento de las plantas y una baja producción.

Varios estudios realizados en arboles de cacao destacan que el ajuste osmótico es uno de los mecanismos positivos lo cuales estas las hacen más tolerantes a la sequía. (Morgan, 1992).

#### 8.4 Modulo de elasticidad ( $\epsilon$ )

Luna, (2006) menciona que el módulo de elasticidad está relacionado con las paredes de la célula lo que estas permiten que se presente resistencia al déficit hídrico lo cual permite que se ensanchen.

Los cambios elásticos de la célula ya se por la entrada o la salida del agua, en algunos de los casos hacen que se deforme, se ha demostrado que el módulo de elasticidad depende de las formas de la pared celular y la turgencia de la misma (Silva & Acevedo, 1993).

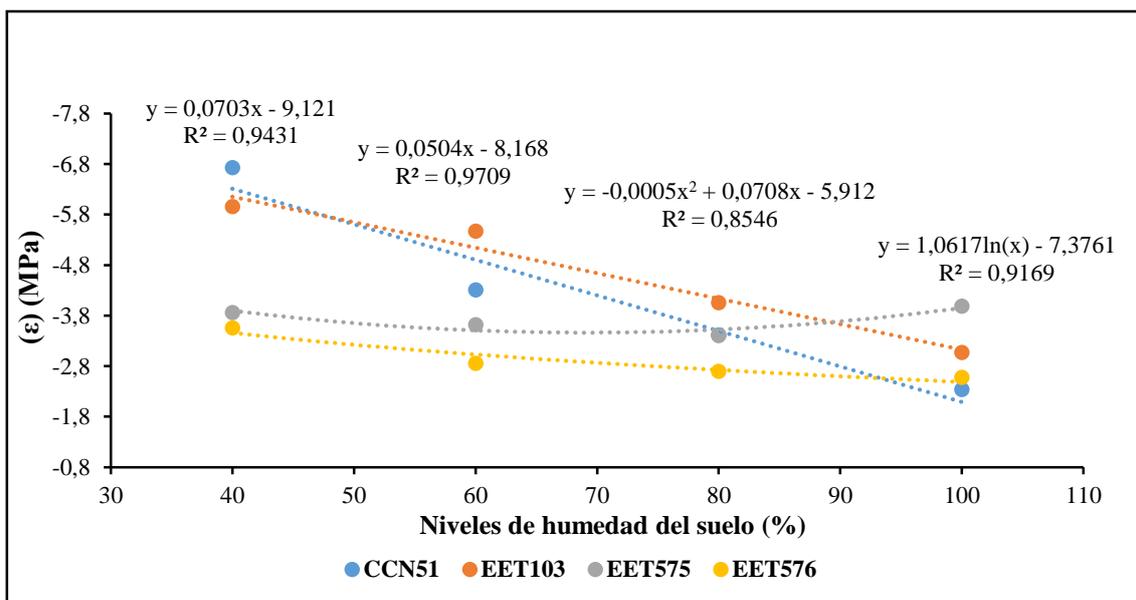


Figura 6. Módulo de elasticidad sobre las relaciones hídricas en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)

La figura 6, muestra que el tratamiento con el 40% de humedad en el suelo su módulo de elasticidad fue mayor con 6,73 MPa siendo el genotipo que más sobresalió fue el clon CCN51, en cambio con el 100% de humedad en el suelo el módulo de elasticidad fue menor con 2,34 MPa para el clon CCN51 (Anexo 16). El mayor módulo de elasticidad en este caso en clon CCN51 por lo que se ha demostrado que es uno de los genotipos que responde de mejor manera al estrés hídrico en el país, siendo uno de los de mayor producción.

Al mismo tiempo (Araque et al, 2012) trabajo con cinco cultivares de cacao (Criollo, Merideño, Guarare, Lobutera y Porcelana) reportó que en la época seca se obtuvo módulo de elasticidad de 3,4 a 9,0 MPa mientras que para época lluviosa el módulo de elasticidad fue mayor de 34,6 a 36,4 MPa, por que se recalcó que al existir valores mayores en el módulo de elasticidad la pared celular va adquiriendo la capacidad de adquirir un potencial positivo lo cual hace que la planta soporte periodo de sequía, los valores están difieren con los resultados de nuestra investigación.

Hernández, (2009) destaca que el módulo de elasticidad de la membrana este nos permite que las plantas puedan ser tolerantes a la falta del agua.

Los resultados encontrados no se asemejan con los reportados por Barragán (2017) quien realizó un trabajo con 12 clones de cacao en la provincia de Los Ríos, en la época seca y en la época lluviosa, obteniéndose valores de 91,15 MPa para la época lluviosa y de 50,73 a 72,20 MPa para la época seca, lo cual estos valores se los estiman por la variación genotípica de los clones que realizaron en el estudio y por las condiciones ambientales de dicho lugar, los valores que se obtuvieron no concuerdan con los de nuestra investigación esto debido a que esta investigación se la realizo a nivel de campo.

## **IX. CONCLUSIONES**

En el estudio realizado se pudo corroborar que las plantas de cacao al tener el 100% de humedad en el suelo en horas de la mañana sus potenciales fueron menores de siendo el clon EET103 que mejor respondió seguido del clon CCN51, mientras que en la tarde fueron relativamente superiores este debido a que la planta presenta una mayor transpiración.

Los clones que presentaron ajuste osmótico ( $\Delta\phi$ ) fue el CCN51 y EET576, y el módulo de elasticidad ( $\epsilon$ ) el genotipo que mostro mejor desempeño fue el clon CCN51 en comparación del resto de genotipos, en las curvas presión - volumen el genotipo EET576 respondió de una mejor manera.

## **X. RECOMENDACIONES**

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.

Proporcionar a los agricultores de mayor información acerca del cacao en nuestra provincia, y que tan importante es la disponibilidad de agua en el suelo y conocer de qué manera este nos ayudaría en tener cultivos que responda a las exigencias de la zona.

Realizar investigaciones en condiciones de campo.

Realizar estudios con otros genotipos.

## XI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abrisqueta, I. (2010). Balance hídrico y respuesta del melocotonero extratemprano al riego deficitario. (Tesis doctoral). Universidad de Murcia. Murcia, España.
- Almeida, A & Valle, R. (2008). Ecophysiology of the cacao tree. *Plant Physiol.* 19 (4).
- Almeida, A & Valle, R. (2009). Cacao: ecophysiology of growth and production. *Ecophysiology of tropical tree crops.* (3). 1-34.
- Almeida, A., Rosemary, B., Aguilar, M., Valle, R. (2002). Aspecto de relaciones del agua en *Theobroma cacao* L. *Agrotropica.* 14(2). 35-44.
- Amores, F., Agama, J., Suarez, C., Quiroz, J., Motato, N. (2009). EET 575 y EET 576: nuevos clones de cacao nacional para la zona central de Manabí. INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). Boletín Divulgativo N° 346
- Argentel, L., Gonzales, L., López, R., Fonseca, I., (2013). Efectos de la salinidad en las variables hídricas potenciales hídricos y osmótico y ajuste osmótico en cultivares cubanos de trigo (*Triticum aestivum* L. y *T. durum* L.) *Cultivos tropicales* N° 34. 43-48.
- Asociación Nacional de Exportadores de cacao (ANECACAO). (2007). El cacao y economía. 13 ed.
- Azcón – Bieto, J & Talón, M. (2013). Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw Hill. E ed. 30-32.
- Barajas, E., Rubio, J., Arranz, C., Yuste, J. (2006). Respuesta del potencial hídrico foliar a la variación de las distancias entre cepas. 4.
- Barragán, L. (2017). Relación entre parámetros hídricos, morfológicos y rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.) como criterio de selección para la tolerancia al déficit hídrico. (Tesis pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador.
- Biasutti, C & Galiñanes, V. (2001). Influencia del ambiente de selección sobre la germinación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) bajo estrés hídrico. Relaciones entre caracteres de plántula con el rendimiento a campo. *AGRISCIENTIA.* Vol. XVII. 37 – 44.
- Bradford, K & Hsiao, T. (1982). Stomatal behavior and water relations of waterlogged tomato plants. *Plant Physiol.* 70 (5). 1508 – 1513.
- Brown, P & Tanner, C. (1983). Alfalfa osmotic potential: a comparison of the water release curve and frozen tissue methods. *Agronomy Journal.* 75: 91 - 93
- Carr, M & Lockwoods, G. (2011). The water relations and irrigation requirements of cocoa (*Theobroma cacao* L.): a review. *Espl Agric.* N° 4. 653 – 676.

- Cevallos, J. (2011). Producción y comercialización del cacao en el Ecuador periodo 2009 – 2010. (Tesis pregrado). Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Contreras, C. (2013). El cacao: historia y origen del grano dorado, antecedentes de la agricultura importante. 4 ed. Colombia.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (CORPOICA). (2000). Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao”. Bucaramanga.
- Correa, D; Vélez, J; Orduz, J. 2013. Efecto del déficit hídrico en el crecimiento y desarrollo de frutos de naranja Valenciana (*Citrus sinensis* Osbeck) en el piedemonte del meta, Colombia. Acta Agronómica. 62 (2).136 – 147.
- Do Santos, I., Furtado de Almeida, A., Anhert, D., Conceica, A., Pirovani, J., Pires, R., Valle, R., Baligar, V. (2014). Respuestas moleculares, fisiológicas y bioquímicas en genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en déficit de agua en el suelo. Trad. PLOS one.
- Enríquez, M. (2010). Cacao orgánico: guía para productores ecuatorianos (INIAP) (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2 ed. N° 54.
- Faria, J. (1994). Consideraciones para la selección y manejo de especies tolerantes a la sequía. Revista de agronomía (LUZ). N° 2.
- Fernández, J. (1998). Enciclopedia práctica de la agricultura y ganadería: cultivos leñosos industriales. Océano. España. 720 – 725 pp
- Ferreira, R., Selles, G., Silva, H., Ahumada, R., Muñoz, I., Muñoz, V. (2006). Efecto del agua aplicada en las relaciones hídricas y productividad de la vid “Crimson Seedless”. Pesq. Agropec. N° 7. 1109 – 1118.
- Gamboa, M. (2010). Efecto de las condiciones hídricas del suelo sobre el intercambio gaseoso y el crecimiento en plantas de cacao *Theobroma cacao*. (Tesis pregrado). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Colombia.
- Gamboa, R. (2015). Comportamiento en vivero de cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre diferentes patrones de satipo”. (Tesis pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- García, J, & Moreno, L. (2015). Respuesta fisiológicas de *Theobroma cacao* L. en etapa de vivero a la disponibilidad de agua en el suelo. Acta. Agron. 65 (1). 44 – 50
- García, J. (2010). Comparación de métodos para la determinación del estado hídrico en viñedos de la variedad “Tempranillo”. (Tesis pregrado). Universidad Pública de Navarra.
- Génova, L., Andreau, R., Etcheverry, M., Etcheverry, P., Chale, W., Luciano, C., Ramos, F. (s.f). Relaciones agua – suelo – planta – atmosfera. 46.

- Gil, P., Aranda, I., Peguero, J., Vilagrosa, A. (2005). El continuo suelo – planta – atmosfera como un modelo integrador de la ecofisiología forestal. Invest Agrar: Sist Recur For. N° 3. 358 – 370.
- Gómez, M. (1998). Medición de diferentes parámetros relacionados con el estrés hídrico en las plantas”. Sevilla. 70.
- González, M. (2015). Ajuste osmótico. 4.
- Hernández, J & Jara, J. (2009). Módulo de elasticidad como criterio de selección en plantas de *Eucalipto globulus* Labill a la resistencia al estrés hídrico.
- Herrera, T., Rosales, A., Aguilar, M., Pieters, A., Pérez, I., Torrealba, G. (2006). Identificación de cultivares de arroz con alta capacidad de ajuste osmótico para el mejoramiento genético de la tolerancia a la sequía. Agronomía Trop. N° 4. 677 – 687.
- Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones (PRO ECUADOR). (2017). Perfil sectorial de cacao y elaborados 2017.
- Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones. (IPEI). (2015). PRO – ECUADOR: perfil sectorial del cacao y sus derivados”.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (INEC). (2016). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continúa 2016: superficie, producción y ventas, según región y provincia.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (INEC). (2016). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2016: dirección de estadísticas agropecuarias y ambientales”
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (INIAP). (2013). Cadena de producción y manejo de recurso en el cultivo de cacao. N°4.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (INIFAP). (2013). Requerimientos agroecológicos de cultivos. 2 ed. 83 – 86
- Jaimez, R., Teraza, 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 Venezuela. N° 2. 253 – 258.
- Jara, J & Celis J. (1989). Módulo de elasticidad y otros parámetros biofísicos en frijol negro. Agro-Ciencia. N° 1. 49-56.
- Joly, R & Hahn, D. (1989). Net CO<sup>2</sup> assimilation of cacao seedlings during periods of plant wáter defiiit. Photosynthesis Research. 21. (3). 151 – 159.
- López, A., González, R., Montero, L. (2010). Efecto de la hora del día en el potencial hídrico foliar del sorgo y su relación con la humedad en el suelo”. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. N° 3. 7 – 11.

- López, O., Ramírez, S., Espinoza, S., Moreno, J., Ruiz, C., Villareal, J., Rojas, J. (2015). Manejo agroecológico de la nutrición en el cultivo de cacao. México.
- López, V. (2005). Respuestas fisiológicas de uva de mesa cultivos Crimson Seedless sometidas a déficit hídrico. (Tesis pregrado). Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- López, Y. (2000). Relaciones hídricas en el continuo agua - suelo - planta - atmosfera. Universidad Nacional de Colombia.
- Lucero, M. (2014). Caracterización de la manteca de cacao de tres variedades trinitario (CCN-51) nacional (EET – 103) forastero (IMC – 67), Quevedo – Ecuador. (Tesis pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador.
- Luna, G. (2006). Evaluación de parámetros fisiológicos y de crecimiento en plantas de *Quillaja saponaria* Mol. bajo condiciones de déficit hídrico. (Tesis pregrado). Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Luna, W., Estrada, H., Jiménez, J., Pinzón, L. (2012). Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. N° 4. 343 – 353.
- Mastahinich, R. (2011). Estudio de factibilidad de la introducción del clon de cacao Don Homero (CCN-51) en Guatemala. (Tesis pregrado). Zamorano.
- Medina, V & Lalibete, B. (2017). A review of research on the effects of drought and temperatura stress and increased CO<sup>2</sup> on *Theobroma cacao* L., and the role of genetic diversity to address climate change. Bioversity internacional. Costa Rica.
- Mendoza, J & Parraga, E. (2017). Comparación de perfiles físicos y sensoriales entre clones de *Theobroma cacao* L. bajo tres tiempos de microfermentación. (Tesis pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.
- Mera, O & Ruiz, M. (2014). Evaluación física, sensorial de bromatológica del licor de cacao en variedades de clones EET – 19, EET – 48, EET – 62, EET – 95, EET – 103 en la ESPAM. (Tesis pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (MAGAP). (2016). Cacao.
- Moreno, L. (2008). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. Agronomía Colombiana. N° 2. 179 – 191
- Morgan, J. (1992). Osmotic adjustment and properties associated with genotyp differences in osmoregulation in weath. *Australian journal of plant physiology* 19. 67-76.
- Muñoz, F. (2009). Importancia del agua en la nutrición de los cultivos. Cenicaña.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (FAOSTAT). (2017). Base de datos estadístico de la FAO.

- Ortiz, M., Silva, H., Silva, P., Acevedo, E. (2003). Estudio de parámetros hídricos foliares en trigo (*Triticum aestivum* L.) y su uso en selección de genotipos resistentes a sequía. *Revista Chilena de Historia Natural*. N° 76. 219 – 233.
- Pagan, E. (2012). Uso de indicadores del estado hídrico de la planta para la optimización del riego en cultivos leñosos. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cartagena.
- Parra, R., Becerril, E., López, C. (2002). Transpiración, resistencia estomática y potenciales hídricos en manzano “Golden Deliciosus” injertado sobre portainjertos clonales. *Terra Latinoamericana*. N° 2. 113 – 121.
- Pérez, L., Rojas, Y., Melgarejo, L. (s.f). Agua. Universidad Nacional de Colombia. 16.
- Polonia, J., Mejía, S., Rodríguez, L. (2003). Curva de presión volumen de la caña de azúcar variedad CC 8592 en condiciones del Valle del Cauca. *Acta Agronomía*. Vol. 52. 1-4.
- Quiroz, J. (2000). Caracterización agronómica de clones recomendado por el INIAP. INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias).
- Rada, F., Jaimez, R., García, C., Azocar, A., Ramírez, M. (2005). Relaciones hídricas e intercambio gaseoso en *Theobroma cacao* var Guasare bajo periodos de déficit hídrico. *Rev. Fac. Agro (LUZ)*. 22. 112 – 120.
- Rivera, M. (2008). Determinación de la dinámica del agua en el sistema agroforestal Quesungual e identificación de factores suelo – planta para el mejoramiento de la productividad del agua en los cultivos”. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Colombia.
- Rojas, R. (s.f). Las relaciones agua suelo planta atmosfera en planificación, diseño y manejo de proyectos de aguas y tierras. 41
- Salisbury, F & Ross, C. (1992). *Fisiología Vegetal*. Iberoamericana. 63 – 65.
- Servicio de programación y optimización del uso del agua en riego. (SEPOR). (s.f). Uso de la cámara de presión para el monitoreo del estado hídrico de plantas. Chile.
- Silva, H., Acevedo, E. (1993). Relaciones hídricas de *Atriplex repanda* Phil., a dos niveles de disponibilidad de agua, *Revista Chilena de Historia Natural*. N° 66. 467 – 477.
- Silva, R., Ortiz, M., Acevedo, E. (2007). “Relaciones hídricas y ajuste osmótico en trigo. *Agrociencia*. N° 1. 23 – 34
- Suarez, C., Mite, F., Sotomayor, L. (1997). *Manual del cultivo de cacao*. Quito.
- Taiz, L & Zeiger, E. (2006). *Plant Physiology*. 4 ed. Sunderland.
- Teraza, W., Urich, R., Jaimez, R., Coronel, I., Araque, O., Azocar, C., Chacón, I. (2016). Does criollo cocoa hav the same ecophysiological characteristics as forastero. *Botanical sciences*. 94 (3). 563 – 574.

- The International Cocoa Organization. (ICCO). (2016). Production of cacao beans. Vol. XLII. N° 3.
- Urich, E. (2011). La fotosíntesis comparada, relaciones hídricas, crecimiento y supervivencia en cultivares juveniles de cacao criollo (*Theobroma cacao* L) durante las estaciones secas y húmedas. Exp. Agric. N° 47. 653 – 676.
- Vega, C. (2017). Desempeño del frijol común bajo riego parcial de raíces en un sistema de respuesta hidrogravitropica selectiva”. (Tesis doctoral). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Vera, J., Cabrera, R., Moran, J., Neira, K., Haz, R., Vera, J., Molina, H., Moncayo, O., Díaz, E, Cabrera, C. (2016). Evaluación de tres métodos de polinización artificial de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51. IDESIA. N°6. 35 – 40.
- Vera, J., Vallejo, C., Parraga, D., Morales, W., Macías, J., Ramos, R. (2014). Atributos físicos - químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. Ciencia y Tecnología. N° 2. 21 – 34.
- Waldemar, A. (2016). Texto básico para profesional en ingeniería forestal, en el área de fisiología vegetal. IQUITOS. Perú

## XII. ANEXOS

**Cuadro 6.** Datos de la ET<sub>0</sub> (mm/día) mes de Julio 2017 (CROPWAT)

<b>ET<sub>0</sub> 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	T. Max	H.R	Viento	Insolación	Rad	Et <sub>0</sub>
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m <sup>2</sup> /día	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 ET<sub>0</sub> (mm/día) mes de Agosto 2017 (CROPWAT)

<b>ET<sub>0</sub> Penman-Monteith diaria</b>							
País Ecuador		Estación La Teodomira		Año 2017	60 msnm	Latitud 1 sur	Longitud 80 oeste
<b>AGOSTO DEL 2017</b>							
Días	T. Min	T. Max	H.R	Viento	Insolación	Rad	Et <sub>0</sub>
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m <sup>2</sup> /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 ET<sub>0</sub> (mm/día) mes de Septiembre 2017 (CROPWAT)

<b>ET<sub>0</sub> 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	Et <sub>0</sub>
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m <sup>2</sup> /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 ET<sub>0</sub> (mm/día) mes de Octubre 2017 (CROPWAT)

<b>ET<sub>0</sub> Penman-Monteith diaria</b>							
País Ecuador		Estación La Teodomira		Año 2017	60 msnm	Latitud 1 sur	Longitud 80 oeste
<b>OCTUBRE DEL 2017</b>							
<b>Días</b>	T. Min	T. Max	H.R	Viento	Insolación	Rad	Et <sub>0</sub>
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m <sup>2</sup> /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 ET<sub>0</sub> (mm/día) mes de Noviembre 2017 (CROPWAT)

<b>ET<sub>0</sub> Penman-Monteith diaria</b>							
País Ecuador		Estación La Teodomira		Año 2017	60 msnm	Latitud 1 sur	Longitud 80 oeste
<b>NOVIEMBRE DEL 2017</b>							
Días	T. Min	T. Max	H.R	Viento	Insolación	Rad	Et <sub>0</sub>
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m <sup>2</sup> /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 ET<sub>0</sub> (mm/día) mes de Diciembre 2017 (CROPWAT)

<b>ET<sub>0</sub> 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	T. Max	H.R	Viento	Insolación	Rad	Et <sub>0</sub>
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m <sup>2</sup> /día	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 ET<sub>0</sub> (mm/día) mes de Enero 2018 (CROPWAT)

<b>ET<sub>0</sub> 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 °C	T. Max °C	H.R %	Viento Km/día	Insolación Horas	Rad MJ/m <sup>2</sup> /día	Et <sub>0</sub> 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 ET<sub>0</sub> (mm/día) mes de Febrero 2018 (CROPWAT)

<b>ET<sub>0</sub> 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	Et <sub>0</sub>
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m <sup>2</sup> /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 ET<sub>0</sub> (mm/día) mes de Marzo 2018 (CROPWAT)

<b>ET<sub>0</sub> 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	T. Max	H.R	Viento	Insolación	Rad	Eto
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m <sup>2</sup> /día	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 ET<sub>0</sub> (mm/día) mes de Abril 2018 (CROPWAT)

<b>ET<sub>0</sub> 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	Et <sub>0</sub>
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m <sup>2</sup> /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 ET<sub>0</sub> (mm/día) mes de Mayo 2018 (CROPWAT)

<b>ET<sub>0</sub> 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/m <sup>2</sup> /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.** Datos meteorológicos

	<b>T. Minina</b>	<b>T. Máxima</b>	<b>H.R</b>	<b>Viento</b>	<b>Insolación</b>	<b>Rad</b>	<b>Et<sub>0</sub></b>
	°C	°C	%	Km/día	Horas	MJ/m <sup>2</sup> /día	mm/día
<b>Julio/2017</b>	19,3	30,5	80	339	2,6	12	3,57
Agosto/2017	19,6	30,7	78	374	3,6	14,2	4,15
Septiembre/2017	21,2	31,3	76	373	3,57	14,80	4,41
Octubre/2017	21,9	31,1	76	416	3,05	14,01	4,48
Noviembre/2017	20,9	31,3	75	425	4,15	15,45	4,67
Diciembre/2017	21,34	31,1	78	352	1,79	11,68	3,78
<b>Enero/2018</b>	21,37	32	77	397	3,22	14,04	4,43
Febrero/2018	22,4	30,3	84	256	2,67	17,24	3,44
Marzo/2018	22,3	31,3	82	302	3,82	15,62	3,96
Abril/2018	21,7	31,8	79	296	5,05	17,14	4,36
Mayo/2018	22	30	80	288	2,72	12,53	3,51
<b>Total</b>	214,41	341,4	865	3818	36,24	158,71	44,76
<b>Promedio</b>	19,4	31	78	347	3,29	14,42	4,06

**Anexo 1.** Clones utilizados en el estudio



**Anexo 2.** Construcción de la ramada donde se ubicó el ensayo



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



**Anexo 4.** Trasplante de las plantas de cacao



**Anexo 5.** Plantas adaptándose a lisímetro



**Anexo 6.** Aplicación de abono 15-15-15



**Anexo 7.** Realización de la primera poda



**Anexo 8.** Aplicación de sulfato de amonio



**Anexo 9.** Realización de la toma de dato del potencial hídrico foliar

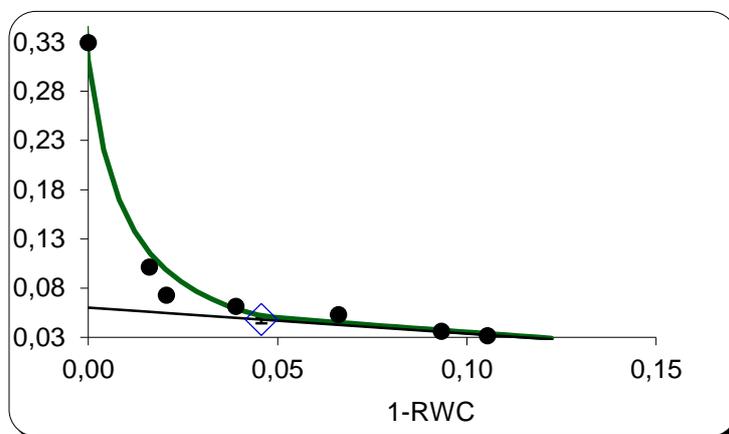


**Anexo 10.** Realización de las curvas presión – volumen



**Anexo 11.** Modelo de las curvas presión - volumen

<i>Fitted Parameters</i>						
$-Y_{p,sat}$	$-1/Y_{p,sat}$	$1-RWC_{TLP}$	$-TLP$	$-1/TLP$	$E_{max}$	$R_a^*$
10,48	0,095	0,03	11,67	0,086	23,00	0,71



**Anexo 12.** Datos de potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) 1<sup>ra</sup> evaluación

<b>Potencial hídrico foliar (<math>\Psi_f</math>)</b>									
<b>1 Evaluación (MPa)</b>									
Clones	Niveles	Trat.	Media (a.m)	Error		Media (p.m)	Error		
<b>CCN-51</b>	100%	1	-0,48	± 0,06	ab	-0,44	± 0,11	a	
	80%	2	-0,60	± 0,06	ab	-0,49	± 0,11	a	
	60%	3	-0,57	± 0,06	ab	-0,57	± 0,11	a	
	40%	4	-0,72	± 0,06	ab	-0,72	± 0,11	a	
<b>EET-103</b>	100%	5	-0,40	± 0,06	a	-0,53	± 0,11	a	
	80%	6	-0,63	± 0,06	ab	-0,63	± 0,11	a	
	60%	7	-0,74	± 0,06	b	-0,62	± 0,11	a	
	40%	8	-0,71	± 0,06	ab	-0,76	± 0,11	a	
<b>EET-575</b>	100%	9	-0,45	± 0,06	ab	-0,50	± 0,11	a	
	80%	10	-0,67	± 0,06	ab	-0,55	± 0,11	a	
	60%	11	-0,64	± 0,06	ab	-0,41	± 0,11	a	
	40%	12	-0,74	± 0,06	b	-0,78	± 0,11	a	
<b>EET-576</b>	100%	13	-0,55	± 0,06	ab	-0,47	± 0,11	a	
	80%	14	-0,67	± 0,06	ab	-0,60	± 0,11	a	
	60%	15	-0,77	± 0,06	b	-0,65	± 0,11	a	
	40%	16	-0,75	± 0,06	b	-0,73	± 0,11	a	
Niveles*Bloques			**			n.s			
Bloque*Genotipo			n.s			n.s			
Niveles *Genotipo			**			n.s			
C.V%			19,49			37,48			

**Anexo 13.** Datos de potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) 2<sup>da</sup> evaluación

<b>Potencial hídrico foliar (<math>\Psi_f</math>)</b>									
<b>2 Evaluación (Mpa)</b>									
<b>Clones</b>	<b>Niveles</b>	<b>Trat.</b>	<b>Media (a.m)</b>	<b>Error</b>		<b>Media (p.m)</b>	<b>Error</b>		
<b>CCN-51</b>	100%	1	-0,62	± 0,16	ab	-0,62	± 0,19	a	
	80%	2	-0,37	± 0,16	ab	-0,87	± 0,19	a	
	60%	3	-0,45	± 0,16	ab	-0,72	± 0,19	a	
	40%	4	-1,08	± 0,20	b	-0,90	± 0,19	a	
<b>EET-103</b>	100%	5	-0,47	± 0,16	ab	-0,72	± 0,19	a	
	80%	6	-0,34	± 0,16	a	-0,85	± 0,19	a	
	60%	7	-0,40	± 0,16	ab	-0,42	± 0,19	a	
	40%	8	-1,03	± 0,20	b	-0,95	± 0,23	a	
<b>EET-575</b>	100%	9	-0,62	± 0,16	ab	-0,85	± 0,19	a	
	80%	10	-0,33	± 0,16	a	-0,60	± 0,19	a	
	60%	11	-0,49	± 0,16	ab	-0,78	± 0,19	a	
	40%	12	-0,90	± 0,20	ab	-1,00	± 0,23	a	
<b>EET-576</b>	100%	13	-0,53	± 0,16	ab	-0,70	± 0,19	a	
	80%	14	-0,35	± 0,16	ab	-0,27	± 0,19	a	
	60%	15	-0,67	± 0,16	ab	-0,85	± 0,23	a	
	40%	16	-0,88	± 0,20	b	-0,90	± 0,23	a	
Niveles *Bloques			n.s			n.s			
Bloque*Genotipo			n.s			**			
Niveles *Genotipo			**			n.s			
C.V%			53,35			44,38			

**Anexo 14.** Datos de potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) 3<sup>ra</sup> evaluación

<b>Potencial hídrico foliar (<math>\Psi_f</math>)</b>										
<b>3 Evaluación (MPa)</b>										
<b>Clones</b>	<b>Niveles</b>	<b>Trat.</b>	<b>Media (a.m)</b>			<b>Media (p.m)</b>			<b>Error</b>	
<b>CCN-51</b>	100%	1	-0,33	±	0,06	ab	-0,67	±	0,11	ab
	80%	2	-0,37	±	0,06	abc	0,86	±	0,11	ab
	60%	3	-0,44	±	0,06	a	-1,01	±	0,11	ab
	40%	4	-0,76	±	0,06	def	-0,75	±	0,11	ab
<b>EET-103</b>	100%	5	-0,35	±	0,06	ab	-0,57	±	0,11	a
	80%	6	-0,43	±	0,06	abcd	-0,72	±	0,11	ab
	60%	7	-0,70	±	0,06	bcde	-1,18	±	0,11	ab
	40%	8	-0,95	±	0,07	ef	-1,19	±	0,11	ab
<b>EET-575</b>	100%	9	-0,30	±	0,06	a	-0,55	±	0,11	a
	80%	10	-0,59	±	0,06	abcde	-0,92	±	0,11	ab
	60%	11	-0,73	±	0,06	cdef	-1,10	±	0,11	ab
	40%	12	-0,95	±	0,07	ef	-1,28	±	0,11	b
<b>EET-576</b>	100%	13	-0,38	±	0,06	abcd	-0,61	±	0,11	ab
	80%	14	-0,62	±	0,06	abcde	-0,80	±	0,11	ab
	60%	15	-0,82	±	0,06	ef	-1,09	±	0,11	ab
	40%	16	-1,10	±	0,11	f	-1,15	±	0,11	ab
Niveles *Bloques			**			**				
Bloque*Genotipo			**			n.s				
Niveles *Genotipo			**			**				
C.V%			18,31			21,31				

**Anexo 15.** Datos de las curvas presión – volumen

**Curvas de presión - volumen (Mpa)**

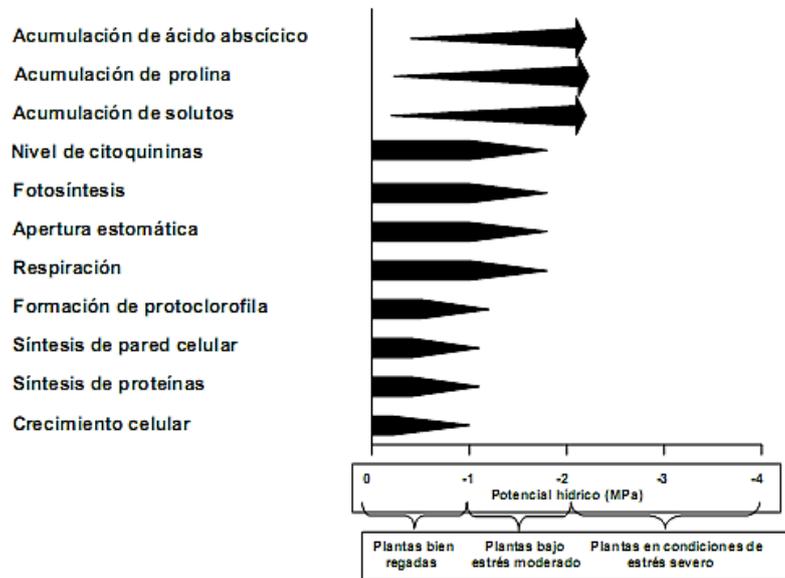
<b>Clones</b>	<b>Niveles</b>	<b>Trat.</b>	<b><math>\psi\pi100</math></b>	<b>Error</b>	<b><math>\psi\pi0</math></b>	<b>Error</b>		
<b>CCN-51</b>	100%	1	-1,05	± 0,08	b	-1,60	± 0,20	a
	80%	2	-1,42	± 0,07	bcde	-1,87	± 0,20	a
	60%	3	-1,65	± 0,08	de	-1,95	± 0,25	a
	40%	4	-1,89	± 0,08	e	-2,43	± 0,25	a
<b>EET-103</b>	100%	5	-1,42	± 0,08	bcd	-1,71	± 0,20	a
	80%	6	-1,35	± 0,07	bcd	-1,59	± 0,25	a
	60%	7	-1,42	± 0,07	bcde	-1,93	± 0,20	a
	40%	8	-1,21	± 0,08	ab	-2,20	± 0,25	a
<b>EET-575</b>	100%	9	-1,23	± 0,08	bcd	-1,61	± 0,25	a
	80%	10	-1,41	± 0,07	bcde	-2,12	± 0,20	a
	60%	11	-1,58	± 0,08	de	-2,26	± 0,25	a
	40%	12	-1,34	± 0,08	bcd	-2,20	± 0,25	a
<b>EET-576</b>	100%	13	-0,94	± 0,07	a	-1,45	± 0,20	a
	80%	14	-1,28	± 0,07	bcd	-1,95	± 0,20	a
	60%	15	-1,33	± 0,07	bcd	-2,11	± 0,20	a
	40%	16	-1,50	± 0,11	cde	-2,28	± 0,35	a
Niveles *Bloques			**			n.s		
Bloque*Genotipo			**			n.s		
Niveles *Genotipo			**			n.s		
C.V%			8,99			17,9		

**Anexo 16.** Datos del modulo de elasticidad ( $\epsilon$ )

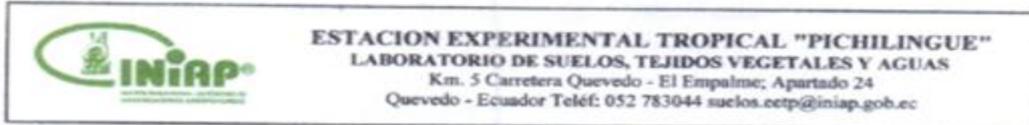
<b>Módulo de elasticidad (<math>\epsilon</math>)</b>						
<b>Clones</b>	<b>Niveles</b>	<b>Trat.</b>	<b>Media</b>	<b>Error</b>		
<b>CCN-51</b>	100%	1	-2,34	± 0,74	a	
	80%	2	-3,42	± 0,74	ab	
	60%	3	-4,31	± 0,74	ab	
	40%	4	-6,73	± 0,90	b	
<b>EET-103</b>	100%	5	-3,07	± 0,74	ab	
	80%	6	-4,06	± 0,74	ab	
	60%	7	-5,47	± 0,74	ab	
	40%	8	-5,96	± 0,74	ab	
<b>EET-575</b>	100%	9	-3,99	± 0,74	ab	
	80%	10	-3,41	± 0,74	ab	
	60%	11	-3,62	± 0,90	ab	
	40%	12	-3,86	± 0,90	ab	
<b>EET-576</b>	100%	13	-2,58	± 0,74	ab	
	80%	14	-2,70	± 0,74	ab	
	60%	15	-2,86	± 0,74	ab	
	40%	16	-3,56	± 1,27	ab	
Niveles *Bloques			n.s			
Bloque*Genotipo			**			
Niveles *Genotipo			n.s			
C.V%			30,69			

**Anexo 17.** Escala del potencial hídrico foliar para definir los niveles de déficit hídrico.

(Fuente: Bradford & Hsiao. 1982)



**Anexo 18.** Reporte del analisis del agua, realizado en la estacion experimental "Pichilingue"



**REPORTE DE ANALISIS DE AGUAS**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : Arteaga 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)/% = caiz cuadrada de meq/l  
 ppm = partes por millón

**OBSERVACIONES**  
 Cl. Agua baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Puede existir problemas solamente en suelos de muy baja permeabilidad. S1. Aguas con bajo contenido en sodio. Sin embargo puede presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.



*X. W. Arteaga*  
 LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

*[Signature]*  
 RESPONSABLE LABORATORIO

**Anexo 19.** Reporte del analisis de suelo, realizado en la estacion experimental "Pichilingue"



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**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**

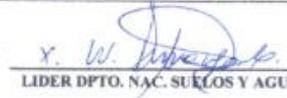
DATOS DEL PROPIETARIO	DATOS DE LA PROPIEDAD	PARA USO DEL LABORATORIO
Nombre : Arteaga Aleivar Francisco	Nombre : Teodomira	Cultivo Actual :
Dirección :	Provincia : Manabí	N° Reporte : 1500
Ciudad : Portoviejo	Cantón : Portoviejo	Fecha de Muestreo : 13/12/2016
Teléfono :	Parroquia :	Fecha de Ingreso : 13/12/2016
Fax :	Ubicación :	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 I		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 procesada en el laboratorio por los técnicos, bajo el control de la calidad y entregada en los plazos establecidos.



INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH				Elemento: de N a B		pH	
MA = Muy Acido	LA = Liger. Acido	LS = Liger. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo	pH = Suelo: agua (1:2,5)	Olson Modificado	
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino		M = Medio	N,P,B = Colorimetria	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	
MeA = 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 20.** Croquis de campo

N4C3R1	N4C4R1	N4C1R1	N4C2R1	N1C4R1	N1C3R1	N1C1R1	N1C2R1	N2C4R1	N2C3R1	N2C1R1	N2C2R1	N3C2R1	N3C3R1	N3C1R1	N3C4R1
N4C3R2	N4C4R2	N4C2R2	N4C1R2	N1C2R2	N1C4R2	N1C1R2	N1C3R2	N2C2R2	N2C3R2	N2C4R2	N2C1R2	N3C1R2	N3C3R2	N3C4R2	N3C2R2
N4C1R3	N4C3R3	N4C4R3	N4C2R3	N1C2R3	N1C3R3	N1C4R3	N1C1R3	N2C2R3	N2C3R3	N2C1R3	N2C4R3	N3C1R3	N3C3R3	N3C4R3	N3C2R3
N4C3R4	N4C1R4	N4C2R4	N4C4R4	N1C2R4	N1C3R4	N1C1R4	N1C4R4	N2C4R4	N2C2R4	N2C1R4	N2C3R4	N3C2R4	N3C1R4	N3C3R4	N3C4R4
<b>BLOQUE 1</b>				<b>BLOQUE 2</b>				<b>BLOQUE 3</b>				<b>BLOQUE 4</b>			
<b>NIVEL 4</b>				<b>NIVEL 1</b>				<b>NIVEL 2</b>				<b>NIVEL 3</b>			

**CROQUIS DE CAMPO**

- 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 EET576