UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENERÍA AGRONÓMICA

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRONÓMO

TEMA:

"Efecto de la disponibilidad del agua en el suelo, sobre el control estomático de clones de cacao (*Theobroma cacao L.*)"

AUTORES:

Toala Toala Henry Antonello

Zambrano Vera Jesús Aquiles

TUTOR:

Ing. Francisco Javier Arteaga Alcívar Mg. Sc

SANTA ANA – MANABÍ – ECUADOR

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Henry Antonello Toala Toala**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica de Manabí, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente;

Henry Antonello Toala Toala

Autor

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Jesús Aquiles Zambrano Vera**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica de Manabí, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente;

Jesús Aquiles Zambrano Vera

Autor

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **Ing. Agr. Francisco Javier Arteaga Alcívar Mg. Sc.**, Docente de la Universidad Técnica de Manabí, certifica que el estudiante **Henry Antonello Toala Toala,** realizó el Proyecto de Investigación titulado **"Efecto de la disponibilidad del agua en el suelo, sobre el control estomático de clones de cacao (*Theobroma cacao* L)"**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente;

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

Director del Proyecto de Investigación

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **Ing. Agr. Francisco Javier Arteaga Alcívar Mg. Sc.**, Docente de la Universidad Técnica de Manabí, certifica que el estudiante **Jesús Aquiles Zambrano Vera**, realizó el Proyecto de Investigación titulado **"Efecto de la disponibilidad del agua en el suelo, sobre el control estomático de clones de cacao (*Theobroma cacao* L)"**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente;

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

Director del Proyecto de Investigación

CERTIFICACIÓN

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

Certifica:

Que el trabajo de titulación **"Efecto de la disponibilidad de agua en el suelo, sobre el control estomático de clones de cacao (*Theobroma cacao L.*)"**, es trabajo original realizado por los estudiantes **Toala Toala Henry Antonello y Zambrano Vera Jesús Aquiles,** el cual fue realizado bajo mi revisión.

Atentamente;

Dr. Ramón Eduardo Jaimez Arellano PhD.

Revisor de tesis

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE INGIENERÍA AGRONÓMICA

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título:

"Efecto de la disponibilidad de agua en el suelo, sobre el control estomático de clones de cacao (*Theobroma cacao L.*)"

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de:

Ingeniero Agrónomo

Autor:

Jesús Aquiles Zambrano Vera

Aprobado por:

_____

Ing. Freddy Santana Parrales Mg. Eds.
Presidente de Tribunal

_____

Ing. George Cedeño García Mg. Sc
Miembro de Tribunal

_____

Ing. Adriana del Carmen Celi Soto Mg. Sc.
Miembro de Tribunal

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE INGIENERÍA AGRONÓMICA

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título:

"Efecto de la disponibilidad de agua en el suelo, sobre el control estomático de clones de cacao (*Theobroma cacao L.*)"

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de:

Ingeniero Agrónomo

Autor:

Henry Antonello Toala Toala

Aprobado por:

_____

Ing. Freddy Santana Parrales Mg. Eds.
Presidente de Tribunal

_____

Ing. George Cedeño Garcia Mg. Sc
Miembro de Tribunal

_____

Ing. Adriana del Carmen Celi Soto Mg. Sc.
Miembro de Tribunal

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia, gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias por sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco, y le hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia.

Facultad de Ingeniería Agronómica, Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, que me brindó las herramientas para convertirme en un profesional.

Al Ing. Ramón Jaimez Arellano, quien compartió sin mesura sus conocimientos en el área de fisiología e influyó en toda la realización del trabajo de investigación.

Al Ing. Francisco Arteaga Alcívar, tutor de la Investigación, ya que gracias a su orientación y supervisión se logró culminar este trabajo

Gracias Totales…

Jesús A. Zambrano Vera

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a toda mi familia; a mis padres Jesús José Zambrano Medranda y Mercedes Charito Vera Vera, a mis hermanos, que se ha convertido en el pilar fundamental de mi vida y la razón para dar lo mejor de mí siempre.

Jesús A. Zambrano Vera

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis, en primera instancia me gustaría agradecerle a Dios por darme salud y vida, a mi hermosa familia, en especial a mis queridos padres por estar en constante apoyo y permitirme llegar hasta esta meta.

A la Universidad Técnica de Manabí, en especial a la Facultad de Ingeniería Agronómica, Carrera de Ingeniería Agronómica, por brindarme la oportunidad de capacitarme y mejorar tanto personal como académicamente. A mi Tutor de Tesis el Ing. Francisco Arteaga Alcívar, por su tiempo, dedicación, experiencia y conocimientos que logro impartir y así poder culminar con éxito mi tesis de pregrado.

También me gustaría agradecer a mis docentes durante toda mi carrera, los cuales aportaron cada uno con diferentes enseñanzas y destrezas que me han formado profesionalmente. Además, agradecer a los docentes que han ayudado de una u otra manera en la revisión de esta tesis, para que la misma sea aprobada.

Quiero agradecer a todas las personas que en todo este tiempo me brindaron su apoyo y amistad incondicional, sin importar donde se encuentren gracias por formar parte de mí.

Para ellos gracias…

Antonello Toala

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a mi familia; mis queridos padres; Enrique Toala y Maribel Toala, por ser mi pilar fundamental los cuales me brindaron su apoyo incondicional y son el motivo por el cual me esfuerzo día a día por ser una mejor persona, tanto académicamente como personalmente.

Antonello Toala Toala

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la estación experimental La Teodomira de la Universidad Técnica de Manabí Facultad de Ingeniería Agronómica, ubicada en la parroquia Lodana del cantón Santa Ana, El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la disponibilidad de agua en el suelo, sobre el control estomático en plantas de cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51- EET103- EET-575- EET-576 en condiciones semi-controladas. Se estableció un diseño de parcelas divididas completamente aleatorizados con cuatro niveles de agua 100%, 80%, 60%, 40% de la evapotranspiración de referencia (ET_0), utilizando el software CROWAT DE PENMAN MONTEITH diaria de acuerdo a cuatro coeficientes de cultivos Kc1, Kc 0.80, Kc 0.60, Kc 0.40 cuatro clones y cuatro repeticiones. Las variables en el comportamiento hídrico evaluadas fueron: Índice estomático, densidad estomática y conductancia estomática. Para lo cual se seleccionaron de cada uno de los tratamientos la cuarta y quinta hoja del tercio medio de las plantas

Reportando valores tales como; índice estomático de: 91,62 en el clon EET – 576, registrado como el más alto, ya que el menor registra un índice de 88,25 en el clon CCN-51, posterior referente a densidad estomática se reportó valores de que van desde 661 a 1006 estomas por mm2, mientras que en la conductancia estomática los valores fueron decrecientes tales como en el clon CCN-51 que fue desde 217,87 hasta 137,73. Estos resultados evidencian que un estrés hídrico en las plantas de cacao afecta a diferentes variables de estudio, debido a que el agua interfiere en todos los procesos fisiológicos e la planta ocasionando así estos cambios.

Palabras claves: Estomas, cacao, agua, suelo, estrés

SUMMARY

The present investigation was carried out in the La Teodomira experimental station of the Technical University of Manabí Faculty of Agronomic Engineering, located in the Lodana parish of the Santa Ana canton, The objective of the present investigation was to evaluate the effect of the availability of water in the soil , on the stomatal control in plants of four cocoa clones (*Theobroma cacao* L.) CCN51- EET103- EET-575- EET-576 under semi-controlled conditions. A completely randomized divided plots design with four water levels 100%, 80%, 60%, 40% of the reference evapotranspiration (ET0) was established, using CROWAT DE PENMAN MONTEITH software daily according to four Kc1 crop coefficients , Kc 0.80, Kc 0.60, Kc 0.40 four clones and four repetitions. The variables in the hydric behavior evaluated were: Stomatal index, stomatal density and stomatal conductance. For which the fourth and fifth leaves of the middle third of the plants were selected from each of the treatments

Reporting values such as; stomatal index of: 91.62 in the EET-576 clone, registered as the highest, since the lowest recorded an index of 88.25 in clone CCN-51, later referring to stomatal density, values were reported ranging from 661 to 1006 stomata per mm2, whereas in stomatal conductance the values were decreasing, such as in clone CCN-51, which was from 217.87 to 137.73. These results show that a water stress in cocoa plants affects different study variables, because water interferes in all the physiological processes of the plant, causing these changes.

Keywords: Stomata, cocoa, water, soil, stress

Tabla de Contenido

I. INTRODUCCIÓN.....1

II. ANTECEDENTES.....3

III. JUSTIFICACIÓN 4

IV. OBJETIVOS.....5

GENERAL. 5
OBJETIVO ESPECÍFICOS:.....5

V. MARCO REFERENCIAL 6

5.1. EL CULTIVO DE CACAO: DISTRIBUCIÓN E IMPORTANCIA.....6
5.3. TIPOS DE CACAO 6
5.5. ECO FISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE CACAO. 8
5.5.1. TEMPERATURA. 8
5.5.2. RIEGO. 8
5.5.3. VIENTO. 9
5.5.4. LUMINOSIDAD.....9
5.5.5. EVAPOTRANSPIRACIÓN.....10
5.5.6 EFECTO DEL AMBIENTE SOBRE LAS ESTOMAS.....10
5.5.7 CIERRE ESTOMÁTICO DURANTE EL DÉFICIT HÍDRICO 11
5.5.8. CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA. 11

VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....13

6.1. UBICACIÓN 13
CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS.....13
6.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.....14
6.3. CONDUCCIÓN DEL ENSAYO 14
6.4. ÍNDICE ESTOMÁTICO 15
6.5 DENSIDAD ESTOMÁTICA 16
6.6 ÁREA DEL PORO ESTOMÁTICO 16
6.7. CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA. 16
6.8. DENSIDAD ESTOMÁTICA; ÁPICE MEDIO Y BASE.....16
6.9. EQUIPOS Y MATERIALES. 17

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....18

7. 1 CONDICIONES METEOROLÓGICAS.....19
7.2 DENSIDAD ESTOMÁTICA.....22
7.3. ÍNDICE ESTOMÁTICO 24

7.4 CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA. 26
7.5 LARGO Y ANCHO DEL PORO ESTOMÁTICO.....28
7. 7 DENSIDAD ESTOMÁTICA ÁPICE, MEDIO Y BASE 32

CONCLUSIONES.....38

RECOMENDACIONES.....39

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....40

ANEXOS.....45

I. INTRODUCCIÓN.

El Cacao (*Theobroma cacao)* pertenece a la familia Malvaceae, cuyo centro de origen es el triángulo de la amazonia que comprende Ecuador, Colombia y Perú. (Martínez 2015). En Ecuador el cultivo de cacao representa un rubro económico importante, en el año 2016 se reportaron 491.221 hectáreas cultivadas, con una producción de 260 mil toneladas métricas; ubicando al país en el cuarto lugar de producción mundial y el primero en Sudamérica. (MAGAP 2016). En el año 2017, el cacao aporto con un 9% de las exportaciones totales del país, siendo el tercer producto de mayor ingresos no petroleros (MAGAP 2018). En Manabí el cacao es uno de los productos agrícolas de mayor importancia, teniendo como principales zonas productoras: Chone, Bolívar, Portoviejo y Santa Ana, con un área de 104.848 hectáreas cultivadas. (ESPAC 2015).

La producción cacaotera a nivel mundial tiene dos grandes problemáticas; las enfermedades y el efecto en el metabolismo de las plantas causado por estrés abiótico principalmente la sequía, afectando de manera directa a la producción (Phillips-Mora 2015). El cambio climático ocasiona variaciones, que afectan a procesos fisiológicos como el intercambio de gases, transpiración, apertura y cierre estomático. (Rada, y otros 2005). Un estoma es básicamente un poro que es usado para el intercambio gaseoso con el medio y la transpiración de la planta, una adecuada regulación de los estomas va a conseguir un eficiente uso del agua y una tasa óptima de intercambio de CO2 para la fotosíntesis, siendo esencial para una adaptación de las plantas a la falta de agua o estrés hídrico. (Hernández, J. 2013)

La pérdida de agua se da por el proceso de transpiración y está regulado por los estomas, los cuales dependiendo de las condiciones atmosféricas permiten o impiden la evaporación del agua (Squeo y Leon 2007). En la apertura estomática ocurre el proceso de intercambió gaseoso con la entrada de CO2 necesario para la fotosíntesis, dicho proceso está regulado por el potencial hídrico de la planta dependiente de la humedad del suelo, (Hernandez 2013). En el cacao los estomas realizan un control sobre el gasto hídrico en la planta, pero que tiene variaciones a lo largo del día, en función de la cantidad de luz, temperaturas, material genético y disponibilidad hídrica en la atmosfera (Medrano 2007).

Por lo que García y Moreno (2016) sugieren realizar estudios relacionados a las respuestas fisiológicas de distintos genotipos de cacao con relación a su potencial hídrico, en búsqueda de genotipos de cacao con tolerancia a la sequía. Por lo cual es necesario realizar investigaciones que contribuyan al entendimiento de la dinámica del agua en el suelo y en la planta, sobre el control estomático en clones de cacao, debido a que los estudios de esta índole en Ecuador son escasos.

II. ANTECEDENTES.

Estudios sobre cuatro niveles de agua en el suelo y en tres clones de cacao *T. cacao,* fue reportada diferencias significativas de respuesta fisiológica en función del contenido hídrico en el suelo (García & Moreno 2016). En general a menor contenido de agua en los tejidos los potenciales hídricos negativos ocasionaron un cierre estomático. Además, días con temperaturas mayores a 30 °C y con una humedad relativa por debajo del 60%, el déficit de presión de vapor (DPV) aumentó para llegar a un máximo entre 3.5 y 4.24 kPa. Siendo estos valores los que también inciden en el cierre de estomas, debido que las plantas de cacao se saturan con muy baja radiación solar (García & Moreno 2016). Datos similares encontró Velázquez (2017) donde menciona que los valores óptimos del DPV para evitar el cierre de estomas se encuentra en el rango de 0,5 – 1,5 kPa, pero dicho valor puede variar dependiendo del cultivo.

Los efectos del estrés hídrico en plantas de cinco meses de edad en ocho clones de cacao injertados en la variedad *Cacau Comum*, la resistencia a la sequía se produce a través del ajuste osmótico en la mayoría de los genotipos, debido a que estos mantuvieron valores de contenido relativo de agua al 90%, con un potencial de agua foliar de aproximadamente -1,0 MPa, el cual fue disminuyendo gradualmente a -3,5 MPa. Cuando el contenido de agua del suelo era del 55% (Almeida y Brito 2002).

En relación a la densidad estomática en cacao, Gómez y Kozlowski (1988), determinaron la apertura de estomas, tamaño, estructura y distribución de las ceras foliares de dos variedades de cacao (Catongo/SIAL), cuya densidad media en la superficie abaxial fue de 700 estomas por mm^2. Otro estudio reporta densidades estomáticas en plantas híbridas que promediaron los 820 estomas por mm^2 bajo condiciones de riego y, 1.110 estomas por mm^2 en las plantas no irrigadas (Huan, Yee y Wood 1986).

III. JUSTIFICACIÓN

Los estomas dentro de la planta se consideran como un “órgano” el cual interfiere en la transpiración y fotosíntesis de las plantas, además el comportamiento de los estomas está regido por las condiciones del medio ambiente, todo esto trabaja de una manera conjunta siendo así que; una baja densidad de estomas aumenta el ingreso de CO2 y en relación con las condiciones se ha evidenciado que el número de estomas varía según el genotipo, fenotipo y las condiciones del medio ambiente. (Indah & Agung 2013)

Las plantas para soportar un estrés por sequía tienden generalmente a cerras sus estomas, garantizando la turgencia y el metabolismo celular, pero a medida que ocurre esto se disminuye la tasa fotosintética y es acá donde la conductancia estomática de manera constante realiza un ajuste del pase de CO2, de manera que sea suficiente y así evitar pérdidas hídricas innecesarias durante un estrés, debido a que las plantas para soportar un estrés. (Dell, Amico, Morales, Donaldo 2017)

La densidad estomática tiene una relación directa con el índice estomático debido a que la densidad es el número de estomas por mm2 y el índice estomático es el resultado de una ecuación que incluye a la densidad con las células epidérmicas por una constante. El índice estomático presenta variaciones dadas por la localidad de; área de muestra y condiciones ambientales de sitio, ya que el índice por localidad varia de 15,5 a 21,1, según por la localidad en que se tomaron las muestras de estudio. (Trewaras 2003)

El cacao en la región de Manabí es de vital importancia y está, entre las tres regiones de mayor producción de Ecuador. Por lo que es importante continuar en la búsqueda de cultivares que tengan características que le permitan una mayor adaptación a lugares donde existe período déficit hídrico. La selección de estos cultivares y su uso en programa de mejoramiento conllevará a tener cultivares con mayor adaptación. El propósito del siguiente trabajo es de; investigación, evaluando los efectos del déficit de agua sobre los estomas: su índice, densidad y conductancia en cacaos ecuatorianos. Estas variables son necesarias conocerlas ya que interfieren en procesos fisiológicos y además disminuyen el rendimiento del cacao, por lo que es necesario tener claro esta temática ya que en la región de Manabí cabe recalcar que no existen trabajos de esta magnitud y es importante conocer esta característica en una región con limitación en los recursos hídricos.

IV. OBJETIVOS

General.

- Evaluar el efecto de la disponibilidad de agua en el suelo, sobre el control estomático y variabilidad en el número de estomas de cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L).

Objetivo Específicos:

- Determinar el índice estomático de cuatro clones de cacao a diferentes niveles de disponibilidad de agua en el suelo.

- Determinar la densidad estomática de cuatro clones de cacao a diferentes niveles de disponibilidad de agua en el suelo.

- Evaluar los efectos de diferentes niveles de disponibilidad de agua en el suelo sobre la conductancia estomática foliar de cuatro clones de cacao.

V. MARCO REFERENCIAL

5.1. El cultivo de cacao: Distribución e importancia

Los principales países productores de cacao son: Costa de Marfil (2010 Tm), Ghana (950 Tm) y Ecuador (270 Tm), paralelamente se expresa la producción porcentual por continente, de la siguiente manera: África (75.8%) con 3.565 Tm, América (16.1%) con 757 Tm, Asia y Oceanía (8.1%) con 379 Tm, dando como resultante una producción mundial total de 4.700 Tm en lo que corresponde al periodo 2016 – 2017 (ICCO 2017). En el Ecuador se estima que en el año 2017, la superficie planta de este cultivo fue de 8.067 has, mientras que la superficie cosechada fue de 6.151 has, con una producción anual de 2.310 toneladas métricas (t/m). La costa ecuatoriana aporta con un total de 395,161 has, distribuidas principalmente en Los Ríos 106,116 has con el 19.74%, Manabí 104,484 has con 19.50% y Guayas 89,283 has con 16.61%. (INEC 2017).

5.3. Tipos de cacao

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie arbórea y alógama de origen Sudamericano en las cuencas altas de la región amazónica de Ecuador, Colombia, Brasil y Perú, con una gran diversidad genética (Motomayor et al. 2002). Tradicionalmente el cacao ha sido divido en tres grandes grupos genéticos: Criollos, Forasteros y Trinitarios, que presentan diferencias en características del fruto, almendras, calidad y sabor. Motamayor (2008), propuso una nueva clasificación del germoplasma del cacao, basándose en un análisis de más de 1200 árboles en diferentes áreas de la cuenca del Amazonas, utilizando 10 micro satélites, encontrando así alrededor de 10 grupos genéticos, los cuales clasificó como: Amelonado, Contamana, Criollo, Curaray, Guiana, Iquitos, Marañon, Nacional, Nanay y Purús.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Estación Experimental Pichilingue) tiene un banco de germoplasma considerado el de mayor diversidad en el mundo. Muchos de estos clones proceden del CCAT (Centro de Cacao de Aroma Tenguel) en Ecuador. A través del tiempo se ha logrado encontrar materiales de alta productividad y resistentes a enfermedades, de los cuales se mencionan a continuación

EET -103: Su nombre original es Tenguel – 25, debido a que fue colectado en la hacienda Tenguel, provincia del Guayas, posee frutos de tamaño medio entre 16 y 18 cm, color verde en estado inmaduro y amarillos cuando maduran; este clon tiene almendras con peso medio, de forma redondeada, aplanada y color morado/violeta. El rendimiento promedio es 1.368 kg de cacao seco/ha. (INIAP 2010)

EET- 575: Es un clon de crecimiento semi-erecto, auto compatible y rendimiento promedio de 1.512 kg de cacao seco /ha, posee mazorca de tamaño medio a grandes, de color verde en estado inmaduro y amarillas cuando están maduras, su forma muy semejante a las del cacao nacional, las almendras son color purpura morado, de 2,27 cm de largo y 1,17 cm de ancho y 0,77 cm de espesor. (INIAP 2010)

EET- 576: Tiene características de crecimiento y compatibilidad similares al clon 575, rendimiento promedio de 1.203 kg de cacao seco/ha, las mazorcas son de tamaño medio o grandes, color verde en estado inmaduro y amarillas cuando maduran, la forma de la mazorca es semejante al cacao nacional; con almendras color purpura morado de 2,39 cm de largo, 1,24 cm de ancho y 0,78 cm de espesor (INIAP 2010)

Existe un clon de cacao no reconocido por el INIAP, el CCN-51, llamado así por su investigador el agrónomo ambateño Homero Castro Zurita, el cual investigó las diversas variedades del grano y finalmente obtuvo la del tipo 51, este clon fue declarado en el año 2005 de alta productividad. (ANECACAO 2015)

CCN-51: Su nombre significa Colección Castro Naranjal, este clon es un material auto compatible que posee habilidad combinable, el rendimiento de este clon es de 3 a 4 toneladas que produce aproximadamente 250 mazorcas por planta el cual supera la producción de los otros materiales de cacao, es un árbol que puede alcanzar 2.5 metros de altura. (Espinosa y Mosquera 2012)

5.5. Eco fisiología del cultivo de cacao.

El cacao por ser una planta originaria de la región amazónica ha sido considerado como planta adaptada a la sombra (Motamayor et al. 2002). Sin embargo, específicamente no es un árbol de sombra (Souza y Díaz 2004). Se ha reportado el cacao, se satura a densidades entre 400 a 600 µmol m^{-2} s^{-1} de flujo fotónico, intensidades que constituyen entre 25 y 30 % de la radiación máxima en un día despejado (Barrera 2006). Las tasas máximas de asimilación de CO2 no sobrepasan entre 6 a 7 µmol m^{-2} s^{-1}, lo que comprueba la necesidad de mantener las plantas de cacao bajo sombra parcial tanto en etapa de crecimiento como de producción. (Gómez 2002).

5.5.1. Temperatura.

La planta de cacao demanda temperaturas entre 21-28 °C, con escasa variación entre el día y la noche. Si la temperatura es muy baja es difícil cultivar favorablemente, pero las temperaturas muy altas pueden provocar alteraciones fisiológicas en las plantas. (INIAP 2010). Muller & Valle (2012), consideran al cacao como una planta tropical típica, muy sensible a las bajas temperaturas, por lo que, la mayoría de las plantaciones comerciales deben situarse entre las latitudes 18°20’ N y 18° a 20’ S. Dentro de esta gran zona tropical y límites con la subtropical, las variaciones climáticas durante el año son relativamente pequeñas. Aun así, existen grandes variaciones periódicas en el número de flujos vegetativos y la intensidad de la floración. Daymond & Hadley (2004). Encontraron en condiciones controladas, que la temperatura base según el genotipo está entre 18,6 °C y 20,8 °C, y afirman que existe variabilidad genética asociada a la temperatura, la cual puede estar ligada a la radiación solar e influye directamente en el contenido de clorofila.

Además, Amorin & Valle (2012), manifiestan que cuando la temperatura del suelo está en un rango de 20 a 30°C se presentan las mayores velocidades del flujo de agua y de conductancia estomática, mientras que temperaturas de 10ºC y de 40ºC donde hay mayor resistencia al flujo de agua, se disminuye conductancia, fotosíntesis y traspiración. La hoja de cacao refleja plasticidad para ajustar la respuesta fotosintética a cambios en el entorno, según ellos son pocas las diferencias en esta tasa entre 20 a 30 °C, y los efectos negativos sobre la fotosíntesis se presentan con el aumento gradual de la temperatura y la disminución simultánea de la humedad relativa, lo que aumenta la transpiración y la resistencia estomática. (Garcia, Romero y Ortiz 2007)

5.5.2. Riego.

Las plantas durante su desarrollo están sometidas a condiciones ambientales no óptimas para su supervivencia, o a factores externos que ejercen efectos desventajosos sobre las plantas, estos factores inducen cambios en el metabolismo, los cuales pueden ser reversibles o permanentes, esta situación se considera como estrés (Taiz y Zeiger 2002)**.** Al parecer, la regulación del cierre estomático como estrategia de la planta de cacao para evitar la pérdida de agua, no es muy eficiente debido a la transpiración cuticular y a que las hojas no muestran una alta resistencia estomática bajo condiciones de estrés y baja humedad relativa. (Raja y Hardwick 1997). Se ha demostrado que la identificación de clones con un eficiente mecanismo de regulación estomática es una importante estrategia de adaptación de esta planta a la sequía. (Almeida, Brito y Valle 2002)

5.5.3. Viento.

Según Enríquez (2010), velocidades mayores de 4 m/s^{-1} o 14 km/h-1 provocan una rápida evaporación del agua, de manera tal que las raíces no alcanzan a reemplazar el agua con la velocidad requerida, llegando a defoliarse la planta prematuramente. En cacao todavía hay una dificultad para superar los efectos del viento, cuando hay déficit de agua. El principal efecto del viento es causante de la caída prematura de las hojas con la posterior defoliación de la planta. (Valle 2014)

5.5.4. Luminosidad.

La capacidad de producción de las plantas es función directa del área foliar, por lo que el uso de la luz solar debe ser muy eficiente y para eso, la mayor parte de las hojas debe recibir la cantidad adecuada. (Zuidema, y otros 2005) El cuestionamiento del papel del sombrío se acentúa por la problemática fitosanitaria asociada a los ambientes tradicionales donde se cultiva, en zonas húmedas cálidas con altos niveles de humedad relativa, donde el uso de sombrío en cacao debe tener un manejo adecuado, la excesiva sombra o la presencia de árboles inadecuados pueden afectar el desarrollo de las plantas y afectar la calidad de los frutos por presencia de plagas y patógenos. (Bos y Tscharntke 2007). La planta de cacao fisiológicamente puede aclimatarse a diferentes ambientes de luz bajo ciertos límites, disminuyendo su capacidad fotosintética por un auto-sombreamiento ocasionado por continuos lanzamientos foliares, para lo cual requiere del suministro adecuado de agua y nutrientes. (Muller y Valle 2012)

5.5.5. Evapotranspiración

La evapotranspiración es el conjunto de procesos de evaporación del suelo y de transpiración de las plantas que crecen en un lugar determinado; mientras que la evapotranspiración potencial es la máxima cantidad de agua que puede evaporarse de una capa continua de vegetación que cubra todo el terreno cuando no es limitada la cantidad de agua subministrado al suelo (Duicela, y otros 2003).

La interacción simultánea de transferencia de energía entre la radiación y la temperatura influye en el poder evaporativo de la atmosfera interna de un ambiente cubierto. Los contenidos de humedad del medio día alcanzan los valores más bajos, debido a que esa hora también se alcanzan las temperaturas más altas, en horas de la tarde una vez empieza a disminuir la radiación, el ambiente se hace más húmedo con relación a las horas de la mañana, al mantenerse la evapotranspiración y disminuir la temperatura del ambiente interno. (Tanny 2013)

5.5.6 Efecto del ambiente sobre las estomas

La cantidad de estomas en la superficie adaxial (haz) en comparación con la abaxial (envés) es característica distintiva de diferentes especies. Las plantas con estomas en el haz son llamadas epiestomáticas, las que tienen en el envés son hipoestomáticas y aquellas con estomas en el haz y envés son anfiestomáticas. (Azcon Bieto y Talón 2008).

Son diversos los factores que controlan la apertura y cierre estomático: la concentración de CO2 en el interior de las hojas, humedad atmosférica, potencial hídrico de la hoja, temperatura y viento. (Cochard, y otros 2002)

Niveles de irradiación altos suelen producir aperturas estomáticas mayores. En la mayoría de las plantas las bajas concentraciones de CO2 en el interior de las hojas hace que los estomas se abran incluso en la oscuridad. En la mayoría de las plantas, los estomas cierran en la oscuridad; sin embargo, los bajos niveles de luminosidad al amanecer pueden inducir la apertura de los estomas paulatinamente para que el bióxido de carbono esté disponible para las diferentes etapas en el ciclo de Calvin a mayores valores de radiación. Los estomas son especialmente sensitivos a la luz azul, predominante al amanecer, en resumen, los estomas responden a niveles intercelulares de CO2, pero no a la concentración de CO2 en la superficie de la hoja ni en el poro estomático. (Salisburry y Ross 2000)

5.5.7 Cierre estomático durante el déficit hídrico

Los cambios climáticos afectan el desarrollo y los procesos fisiológicos de los cultivos, ante esta situación es necesario conocer aspectos básicos de su biología, como es el caso de las características de los estomas que son importantes en el intercambio gaseoso, fotosíntesis y uso eficiente del agua. (Goyal 2004)

La incorporación y la perdida de agua en la célula guarda, cambia su turgencia y modula la apertura y cierre de los estomas, como las células guarda se encuentran localizadas en la epidermis foliar pueden perder el agua directamente por evaporación a la atmósfera. El descenso de la presión de turgencia provoca el cierre estomático por cierre hidropasivo, es probable que este mecanismo de cierre actué con aire poco húmedo, cuando las células guardas pierden el agua de forma directa demasiado rápido como para que dicha pérdida sea contrarrestada por el movimiento de agua hacia el interior de las células guarda de las células epidérmicas adyacentes. (Taiz y Zeiger 2006)

La apertura estomática en las hojas de cacao se relaciona con la humedad relativa del aire. Los estomas se mantienen abiertos a una HR más alta, el cierre estomático no controla eficazmente la pérdida de agua debido a una alta transpiración cuticular. Las hojas de cacao no muestran una alta resistencia estomática bajo estrés hídrico y bajo HR, pero algunos clones con un mecanismo eficiente de regulación estomática muestran una disminución en la transpiración bajo estrés hídrico. (Almeida, A; Valle 2010). Esto puede ser una importante estrategia de aclimatación contra la sequía, en áreas donde la HR es baja.

5.5.8. Conductancia estomática.

La conductancia estomática que es el grado de apertura de los estomas y por lo tanto se dan el movimiento de gases entre el aire y el interior de la hoja. (Pietragalla y Pask 2012) Es decir, absorción de CO2 y la pérdida de agua hacia la atmosfera.

La mayoría de cultivos son sensibles a cualquier tipo de estrés, por lo que la planta ha generado un mecanismo de protección que es lo que conocemos como el cierre estomático, esto garantiza la turgencia de la célula y regula el metabolismo. A medida que ocurre el cierre estomático disminuye la tasa fotosintética y por ende deben ajustar de manera constante la conductancia estomática, la cual es necesaria para permitir el paso de CO2 y así evitar las perdidas hídricas innecesarias en el estrés. (Rodriguez, y otros 2017).

En plantas con metabolismo C3 o C4, el uso más eficiente del agua está directamente correlacionado con el tiempo de apertura estomática y resistencia estomática, ya que mientras la planta absorbe el CO2 para la fotosíntesis, el agua se pierde por transpiración, con intensidad variable en función de la conductancia estomática y del gradiente del potencial entre la superficie foliar de la hoja y la atmosfera. (Aspiazu, y otros 2010)

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1.Ubicación

La presente investigación se realizó en Estación experimental La Teodomira, la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, localizada geográficamente a 01°09´ de latitud sur y 80°21´ de longitud oeste con una altitud de 60 msnm. Temperatura media anual de 25°C, temperatura mínima de 20,74 °C, temperatura máxima de 30,98 °C, humedad relativa del 82%, precipitación promedio anual 550 mm año. (Estación Experimental La Teodomira; Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI)

Características pedológicas

Las características físico-químicas del suelo donde se realizó la investigación se presentan a continuación en la tabla 1.

El análisis de suelo físico químico detalla que la clase textural es franco-arcilloso, con un pH neutral (7), medio en materia orgánica (M.O) y con una conductividad eléctrica (C.E) salina. La disponibilidad de nitrógeno (N) es baja, por el contrario, fósforo (P) que se encuentra en un nivel medio, en cuanto al calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y azufre (S) se encuentran en concentraciones altas en el suelo. Así mismo la capacidad de intercambio catiónico es alta.

Datos del Lote		pH	ppm		meq / 100 ml			ppm					
Identificación	Área		NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
Muestra 1		7 PN	23	78	3,48	21	6,5	81	6,7	5,2	36	19,5	1,40

meq / 100 ml			dS/M	(%)	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg K	meq / 100ml	g/cm3	pm
Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.				∑ Bases	D.A.	Cl
		0,98	0,23	3,2	3,2	1,87	7,90	31,96		

Textura (%)			Clase textural
Arena	Limo	Arcilla	
35	23	33	Franco – Arcilloso

6.2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de parcelas divididas completamente aleatorizada, donde las parcelas principales corresponde a 4 niveles de suministro de agua de acuerdo a la evapotranspiración potencial, la disminución porcentual del agua y el Kc del cultivo, los niveles de agua se estimaron de acuerdo a cada (Kc) mediante la siguiente ecuación:

Niveles de humedad	
N1 = Kc 1	=100% ET_0 (TESTIGO)
N2 = Kc 0.8%	= 80% ET_0
N3 = Kc 0.6%	= 60% ET_0
N4 = Kc 0.4%	= 40% ET_0

Las sub parcelas correspondían a 4 clones (EET-103, EET-575, EET-576, CCN-51). Se realizaron 4 repeticiones, obteniendo 16 tratamientos y un total de 64 unidades experimentales, el área útil de la unidad experimental estará conformada por una planta, Los tratamientos consistirán en la aplicación de los cuatros diferentes niveles de agua que se suministraron a las plantas manualmente cada 4 días, por un promedio de 5mm/día es la evapotranspiración en nuestro medio, y eso es lo que se da aproximadamente cada cuatro días.

Variables de repuestas

- Índice estomático
- Densidad estomática
- Conductancia estomática

6.3. Conducción del ensayo

Los diferentes clones se sembraron en macetas de plásticos de 82 cm de alto por 73,80 cm de ancho con una capacidad de 270 litros, se utilizó de sustrato una mezcla en relación 3:1:1 de suelo, materia orgánica y arena. Se realizó un análisis de suelo y agua. Las plantas de cacao estuvieron sembradas en condiciones semi controladas bajo una cubierta plástica de 5 metros de alto, para impedir que el agua de lluvia influya en los tratamientos asegurando el efecto en el balance hídrico deseado. La cantidad de agua para cada tratamiento, en función de la evapotranspiración del cultivo y los coeficientes en estudios, el área de la maceta se determinó con la siguiente ecuación.

(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 cm^2/10.000m^2

A = 0,43 m^2

A = volumen donde "A" será el área transversal de la maceta, la sección transversal de un cilindro es igual a pi (π), que la constante es = 3.1416, R es el radio de un cilindro, d es el diámetro, este se divide para dos dando un resultante de 36,9, posterior este resultado se multiplica por pi y se eleva al cuadrado, al tener esto se divide por 10.000 (equivalente a 1 ha) dando 0.43 m2, siendo esta la área del tanque

La determinación de la evapotranspiración de referencia (ET_0) se calculó por medio del Software Cropwat 8.0 dado por la fórmula de Penman Monteith FAO, 1998 (Guevara 2006), usando los datos requeridos de la estación meteorológica, (temperatura máxima y mínima, humedad relativa, velocidad del viento, insolación) con el valor de evapotranspiración de referencia se procedió a calcular la evapotranspiración del cultivo multiplicando este factor por cada (Kc) de cada tratamiento.

6.4.Índice estomático

Se realizó dos muestreos de hojas. El primero a los 219 días (07:00 am) y el segundo a los 246 días (12:30 pm), posteriores al empezar los tratamientos, colectando las hojas del tercio medio de la planta, específicamente la cuarta o quinta hoja a partir de la hoja del ápice

El IE se calculará a través de la siguiente formula sugerida por Wilkinson (1979)

$$\boldsymbol{IE} = \frac{Numero\ de\ estomas}{Células\ epidermicas + número\ de\ estomas} \text{ X } 100 \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Se utilizó el software ScopeImage 9,0 para visualizar las imágenes producidas por el microscopio. Realizando tres observaciones conformadas por 3 tres sub-observaciones cada una por cada unidad experimental.,

6.5 Densidad estomática

Para calcular el número de estomas en las hojas se aplicó barniz transparente en un área de 50 mm^2 en la parte central del envés entre las venas secundarias de cada hoja. Se dejó secar por aproximadamente 90 segundos para luego ser removida y montada en la Cámara Neubauer improved brigth-line y se observó un campo visual de 0,04 mm^2 con un microscopio binocular electrónico con el objetivo a 40X.La caracterización estomática se realizó mediante el protocolo de Cañizares et al (2015), midiendo la longitud y el ancho de un grupo de estomas por genotipo. La DE se calculó multiplicando por 25 el número de estomas de un campo visual 0,04 mm^2 (Barrientos y Priego 2003).

6.6 Área del poro estomático

El área del poro estomático se calculó mediante la implementación del software ScopeImage 9. Se midió el largo y ancho (micras) de tres estomas por cada unidad experimental, y se multiplicó por π ($a * b * \pi$). Dicha fórmula se tomó en cuenta por la forma elíptica que tiene el poro estomático del cacao.

6.7. Conductancia estomática.

Las mediciones de la conductancia estomática (gs, $mmol/m^2s$) se realizó en horas de la mañana y en la tarde en dos fechas distintas, la primera a los 147 días (30/11/2017), la segunda fue a los 217 días (08/02/2018). Se utilizó un porómetro de estado estacionario SC-1 (Decagon Device USA). Se seleccionaron tres plantas por cada unidad experimental, donde la hoja (foliolo central) elegida debía estar expuesta a plena radiación solar, estar sana y sin daño mecánico, ser de color verde y estar la hoja ubicada en las ramas del tercio medio de la planta.

6.8. Densidad estomática; ápice medio y base

La densidad estomática en las superficies; ápice, medio y base, fueron realizadas de la siguiente manera; se seleccionó una hoja de cada clon con sus respectivos cuatro niveles de humedad en el suelo, donde en capa parte (Ápice, medio y base) se analizó una muestra en la cual se tomaron tres su muestras y luego se promedió para tres, sacando así un promedio de cada área, en cada clon con cada nivel de humedad, comparando así los 4 niveles con los 4 clones de cacao.

6.9. Equipos y materiales.

Equipos.

- Cámara Neubauer improved brigth-line
- Microscopio binocular electrónico con cámara incorporada
- Porometro model SC-1 (Decagon Device USA).
- Software ScopeImage 9,0
- Software Info Stat. 2017 - Versión 1.2.0

Materiales:

- Tijera de podar
- Barniz (de uñas), marca Gloss
- Cinta adesiva
- Portaobjetos
- Alcohol
- Bisturi
- Pinza

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

7. 1 Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas referentes a temperatura, humedad relativa e insolación entre el periodo de lluvia (Enero–Abril 2018) y el periodo seco (Julio-Diciembre 2017) fue relativamente similar en sus promedios. En este tiempo no existió la suficiente cantidad de precipitaciones que suelen darse en los meses entre enero - abril. Tomando en cuenta los valores medios se observa que los valores mínimos registrados referentes de temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa y velocidad del viento promedios fueron de: 19,3 Cº (Jul) – 30,3 Cº (Feb) – 76, 00% (Nov) – 302,9 km dia^{-1} (Marzo), respectivamente, mientras que los valores máximos registrados para las mismas variables fueron: 22,4 Cº (Feb) - 31,8 Cº (Abril) - 84,4 % (Feb) – 425,2 km dia^{-1} (Nov). (Tabla 2).

Tabla 2. Promedios de temperaturas (Cº); máximas y mínimas, humedad relativa (%), viento (km/día) y horas luz, en el período Julio del 2017 hasta Abril del 2018.

Condiciones Meteorológicas												
Variables meteorológicas	**Año 2017**						**Media**	**Año 2018**				**Media**
	Julio	**Agosto**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Dic**		**Enero**	**Feb**	**Marzo**	**Abril**	
T. Min (Cº)	19,3	19,6	21,3	22,0	20,9	21,3	20,74	21,4	22,4	22,3	21,75	21,18
T. Max (Cº)	30,5	30,7	31,4	31,1	33,2	31,0	30,98	32,0	30,3	31,4	31,84	31,13
H.R (%)	80,0	78,0	76,7	76,4	76,0	78,3	77,56	77,0	84,4	82,4	79,43	78,74
Viento (km/día)	339,0	374,0	373,7	416,1	425,2	352,2	380,04	397,2	256,8	302,9	296,9	355,81
Insolación (Horas)	2,6	3,6	3,6	3,1	4,2	1,8	3,13	3,2	2,7	3,8	4,85	3,32

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

Tabla 3. Promedios de consumo hídrico en los tratamientos inducidos a diferentes niveles de humedad en el suelo desde el mes de julio del 2017, hasta el mes de abril del 2018.

Niveles de Humedad/	CANTIDAD DE AGUA EN LOS TRATAMIENTOS										Lt/H2O/Tratamiento
	AÑO 2017						AÑO 2018				
	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic	Enero	Feb	Marzo	Abril	
N1 (100%)	46,76	55,35	56,91	59,68	60,23	50,37	59,07	41,36	53,17	55,72	538,60
N2 (80%)	37,41	44,28	45,52	47,74	48,18	40,29	47,26	33,09	42,53	44,58	430,88
N3 (60%)	28,05	33,21	34,14	35,81	36,14	30,22	35,44	24,81	31,90	33,43	323,16
N4 (40%)	18,70	22,14	22,76	23,87	24,09	20,15	23,63	16,54	21,27	22,29	215,44
Lt/H2O/mes	130,92	154,97	159,34	167,10	168,63	141,02	165,39	115,80	148,86	156,03	

Referente a la cantidad de agua aplicada, la mayor demanda se encontró en el nivel 1 (100% ET_0 control), debido que este requería de más cantidad de agua, pero la diferencia se encontró al analizar por mes la cantidad hídrica acumulada de todos los niveles, donde se registró que en el mes de Febrero del 2018 el consumo hídrico fue menor con una cantidad de 115,80 litros de agua, mientras que el mes de Noviembre del 2017 el consumo fue mayor con una cantidad de 168,63 litros de agua (tabla 2), estas diferencias se dan específicamente por las condiciones meteorológicas, como las temperaturas y humedad relativa, las cuales tuvieron variaciones dentro de cada mes (días). Durante el lapso establecido desde el comienzo de los tratamientos hasta la culminación de la investigación, se obtuvo un acumulado de 1.446,45 litros de agua, el mismo que se determinó sumando el total de todos los niveles de humedad en el suelo.

7.2 Densidad estomática.

En consecuencia, la conductancia estomática (gs) es un factor importante en el ciclo y el equilibrio de agua, CO2, y la energía entre las plantas y la atmósfera. (García et al., 2005) En algunos estudios, la dependencia de la conductancia estomática se relaciona con la clorofila de la hoja, según Matsumoto et al., (2005). Afirma que la disminución de la conductancia estomática puede tener efecto negativo sobre la tasa fotosintética, por lo que puede reducir el potencial de rendimiento de los cultivos.

La densidad estomática (DE), corresponde al número de estomas por unidad de superficie foliar y representa un valor diagnóstico para fragmentos de láminas foliares, siempre y cuando su uso se restrinja a órganos de la misma edad de desarrollo y de la misma taxonomía. (Croxdale 2000)

Clones	Niveles	Trat	D. E			
CCN - 51	**100%**	1	661	±	12,29	g
	80%	2	814	±	90,34	bcdef
	60%	3	805	±	43,91	bcdef
	40%	4	864	±	159,79	bcd
EET - 103	**100%**	5	751	±	87,38	defg
	80%	6	882	±	16,20	abcd
	60%	7	913	±	116,75	abc
	40%	8	791	±	32,71	cdefg
EET - 575	**100%**	9	788	±	97,73	cdefg
	80%	10	677	±	69,53	fg
	60%	11	815	±	67,07	bcdef
	40%	12	941	±	81,86	ab
EET - 576	**100%**	13	699	±	30,84	efg
	80%	14	828	±	12,89	bcde
	60%	15	875	±	153,98	abcd
	40%	16	1006	±	10,97	a
Clones			**n/s**			
Niveles			*****			
Clones * Niveles			******			
C.V			**10,04%**			

Tabla 4. Densidad estomática sobre el efecto en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en cuatro niveles de humedad en el suelo 100, 80, 60 y 40% de acuerdo a la evapotranspiración potencial. Prueba de comparación de medias de se realizó con el test de Diferencia Mínimas Significativa

Considerando los niveles de agua empleados, el tabla 4, muestra los efectos de las disponibilidades de agua sobre la densidad estomática. El clon EET-576 obtuvo mayor número de estomas por mm^2 con un aproximado de 1006 estomas por mm^2 con el nivel de humedad del suelo del 40% de la reposición hídrica, a diferencia del clon EET-575 que presento el valor más bajo (677 estomas por mm^2) con el nivel de 80% de humedad en el suelo. Existe una tendencia que a una menor disponibilidad de agua se tiene menor densidad estomática, esta tendencia se agregó en los cultivares CCN -51 y EET -575 y 576, mientras que en el EET -103 no hubo diferencia. Según Mott (2000), el mecanismo de los estomas se basan en interacciones, donde esto afectará a la función de la densidad estomática en un promedio creciente de transpiración que provocan una disminución de la turgencia epidérmica en la hoja. Ticha (1982), señala que la densidad estomática tiende a incrementarse en hojas completamente expandidas al avanzar de la base al ápice caulinar en plántulas derivadas de semilla.

Además, Kadman (1965) realizó estudios en razas y cultivares de aguacatero bajo diferentes condiciones y etapas de desarrollo, donde reporto que la densidad estomática puede variar de 100 a 610 estomas por mm^2. El número de estomas varía entre especies, pero también se ve afectado cuando los niveles hídricos en el suelo varían. Costa & Otros (2004) realizaron un estudio en cítricos donde analizaron los estomas de híbridos somáticos. Estos encontraron que la heterosis y el nivel de ploidía en esta especie, tienden a disminuir su densidad de estomas y al mismo tiempo incrementa el tamaño de los estomas.

Salas, Sanabria & Pire (2001), se encargaron de realizar estudios sobre estomas en hojas de tomate, esta es una planta anfiestomática es decir tiene estos en la parte adaxial y abaxial. El trabajo de ellos consistió someter a las plantas a condiciones de riego con diferentes niveles de cloruro de sodio, encontrando que esta salinidad produce una menor cantidad de estomas en la parte adaxial y un aumento en la cara abaxial.

Tomando de referencia esto podemos mencionar que en el tratamiento con menor salinidad obtuvieron; 117 estomas en la superficie adaxial y 147 en la superficie abaxial, mientras que el tratamiento con mayor salinidad reportaron; 59 estomas en la superficie adaxial y 175 en la superficie abaxial. Mencionado esto podemos suponer que dicho cambio en el número de estomas puede estar influenciado por la salinidad que se presentara en los riegos en conjunto con la carga genética que cada clon presente.

Además, muchos estudios han informado de que los efectos de los estomas son importantes bajo tensiones moderadas, pero las limitaciones bioquímicas son cuantitativamente importantes durante el envejecimiento de la hoja o durante la sequía severa. (Galle. A, Haldimann P, Feller U. 2007)

7.3. Índice Estomático

Los ajustes fisiológicos que se producen en las plantas para tolerar la salinidad, éstas sufren cambios morfológicos y anatómicos, lo que modifica la coordinación entre diferentes órganos o tejidos, incrementa la habilidad para capturar o conservar recursos o aumenta su tolerancia al factor causante del estrés, como lo es la modificación de la densidad o el índice estomático, que ocurren frente a algunos tipos de estrés (Salas et al. 2001).

La salinidad induce variaciones en el índice y densidad estomática del tejido foliar en especies como *Capsicum annuum* L. y *Lycopersicum esculentum* (Salas et al. 2001). Según Martín et al. (1994), ésta también se relaciona con cambios fisiológicos y anatómicos a nivel foliar, lo que puede ocasionar modificaciones en la frecuencia estomática de las hojas, en el espesor de la cutícula y alteraciones en la resistencia estomática al intercambio gaseoso, entre otros.

Clones	Niveles	Trat	I E			
CCN - 51	100%	1	88.00	±	1,28	a
	80%	2	89.00	±	1,28	a
	60%	3	89.67	±	1,28	a
	40%	4	89.67	±	1,28	a
EET - 103	100%	5	88.67	±	1,09	a
	80%	6	91.33	±	0,56	a
	60%	7	90.00	±	1,19	a
	40%	8	90.00	±	1,05	a
EET - 575	100%	9	90.00	±	1,36	a
	80%	10	88.67	±	1,54	a
	60%	11	90.00	±	1,06	a
	40%	12	90.67	±	0,45	a
EET - 576	100%	13	90.00	±	1,53	a
	80%	14	90.33	±	0,76	a
	60%	15	90.33	±	0,57	a
	40%	16	76.00	±	1,11	b
Clones			**n/s**			
Niveles			**n/s**			
Clones * Niveles			*****			
C. V			**7,38**			

Tabla.5. Índice estomático, tomando en cuenta los cuatros niveles de humedad en el suelo en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Prueba de comparación de medias de se realizó con el test de Diferencia Mínimas Significativa

Según Hetherington (2003), el tamaño de los estomas, la densidad y el índice estomático varían referente a los cambios que suceden en el fotoperíodo, la disponibilidad hídrica y las condiciones edáficas. Aasaman (2001), reporto que el tamaño de los estomas y su densidad parecen ser las variables más sensibles al cambio en las condiciones ambientales, posiblemente relacionadas con la resistencia estomática, lo que evitaría el exceso de transpiración y permitiría una mejor adaptación de los árboles a condiciones de mayor demanda hídrica.

Estudios realizados sobre la densidad e índice estomático en secuoya (*Sequoia sempervirens*) en diferentes localidades, han reportado una variación de 81 a 111 de estomas por mm^2 y de 15,5 a 21,1 referente al índice estomático, encontrando que a menor cantidad de agua tanto la densidad como el índice aumentaban, además también mencionan que estomas con menor tamaño obtuvieron cierto grado de resistencia hacia la respiración lo cual a su vez ejerce un efecto en el consumo y disponibilidad de agua.

A propósito, Trewaras (2003), indica que la hoja es el órgano de la planta más sensible a las condiciones ambientales, por lo cual refleja alteraciones morfológicas como consecuencia de los efectos del estrés, en combinación con las condiciones edáficas en (suelos con mayor densidad aparente o menor profundidad), mostraron estomas más pequeñas y en menor densidad, revelando un importante grado de plasticidad fenotípica.

7.4 Conductancia estomática.

La conductancia estomática (gs), es una variable que se utiliza para calcular el estado hídrico de la planta, el balance de energía y las relaciones fotosintéticas que suceden en la planta, la conductancia tiene una relación directa con el cierre estomático y la necesidad hídrica del suelo, uno de los instrumentos más usados para calcular esta variable es el porómetro. (FERRER S.L 2012) Estudios realizados por (Vega 2017), encontró que la conductancia estomática en un cultivo de frejol tiende a reducir cuando el nivel de humedad es bajo e incrementar cuando el nivel de humedad en el suelo se encuentra en capacidad de campo, esto debido a que a un menor volumen hídrico aplicado reduce el valor del punto crítico en el rango de agua aprovechable. Esto coincide con los resultados encontrados en nuestro trabajo para los clones CCN-51 y EET-103, donde se registró una disminución de la conductancia estomática en los niveles con menor cantidad de agua en el suelo ver tabla 6. Sin embargo, los clones EET-575 y EET-576, presentaron un aumento de la conductancia estomática en el tratamiento con 40% de humedad en el suelo. Probablemente esto se debe a la variación genotípica de los clones y el uso eficiente que estos tienen para realizar procesos internos necesarios para la transpiración celular, ya que en un estudio realizado por Daymond, Tricker & Hadley (2011), se correlaciona la conductancia estomática la con la variabilidad genotípica de ocho clones de cacao, ya que estos responden de manera diferente dependiendo del uso eficiente del agua y de la relación que los mismos tengan con el contenido de nitrógeno en el área foliar.

Clones	Niveles	Trat	Conductancia am				Conductancia pm			
CCN - 51	100%	1	197,07	±	51,61	bcd	198,5	±	24,62	abcde
	80%	2	241,8	±	42,7	abc	248,43	±	31,24	a
	60%	3	166,23	±	73,59	d	150,13	±	36,38	ef
	40%	4	209,5	±	39,68	abcd	156,37	±	15,5	ef
EET - 103	100%	5	168,97	±	40,91	d	233,6	±	19,24	ab
	80%	6	205,57	±	104,3	abcd	188,37	±	54,39	bcde
	60%	7	206,37	±	30,65	abcd	150,27	±	31,63	ef
	40%	8	241,7	±	8,01	abc	132,83	±	19,15	f
EET - 575	100%	9	264,77	±	28,45	ab	186,5	±	51,14	bcde
	80%	10	223,73	±	76,97	abcd	214,1	±	26,04	abc
	60%	11	224,3	±	32,43	abcd	159,2	±	32,42	def
	40%	12	263,07	±	14,91	ab	200,27	±	32,14	abcde
EET - 576	100%	13	188,3	±	67,11	cd	196,83	±	38,98	bcde
	80%	14	197,83	±	83,47	bcd	207,67	±	32,86	abcd
	60%	15	184,67	±	68,66	cd	187,5	±	32,79	bcde
	40%	16	273,07	±	3,93	a	168,93	±	9,64	cdef
Clones			ns				n/s			
Niveles			*				*			
Clones * Niveles			**				*			
C. V			16,29				19,25			

Tabla 6. Conductancia estomática tomada en la mañana (07h30 am) y en la tarde (13h00 pm), de cuatro clones de cacao en cuatro niveles de humedad en el suelo. Prueba de comparación de medias de se realizó con el test de Diferencia Mínimas Significativa

Rada & Otros (2005). En un estudio similar de relaciones hídricas en cacao, donde mencionan que las variedades de cacao tienen un ajuste osmótico diferente por su carga genética. El ajuste osmótico se da en cierto nivel de humedad, debido a que al tomar primer nivel humedad (100%) hasta el tercero (60%), se observa que la conductancia estomática desciende progresivamente, se asume que esto es dado por el clon, lo cual ocasiona que la conductancia estomática al menor nivel de humedad baje y siga decreciendo como debería suceder debido a la cantidad hídrica disponible en el suelo.

Además, al analizar de manera general se encontró que el clon CCN-51, es el que demuestra una conductancia estomática más estable referente al comportamiento con uno de los tratamientos, (Tabla 6) en relación con los otros clones de estudio, el clon CCN-51 en conjunto con todos los niveles de humedad en el suelo tiende a una disminución progresiva de la conductancia estomática.

En la tabla 6, indica que la conductancia estomática realizada en la tarde, en la cual se observó que el mayor valor correspondiente a esta variable se presentó en el clon CCN-51, en el tratamiento con 80% de humedad en el suelo, esto normalmente no sucede en esta cantidad hídrica en el suelo, debido a que la conductancia tienen a reducir cuando las cantidades hídricas en el suelo disminuyen, tal como ocurrió en el trabajo de Ohsumi & Otros (2007), el cual encontró que en el cultivo de arroz la conductancia tendía a reducir cuando el cultivo pasaba por un estrés hídrico, pero sin embargo al mismo tiempo reporto una diferencia dada por la variación genotípica utiliza en su trabajo.

Rodríguez & Otros (2017), en un estudio sobre el comportamiento de la conductancia estomática en condiciones de campo y riego limitado, analizaron cuales son las correlaciones que se dan y pueden afectar a la conductancia en la mañana y tarde, siendo así que confirman que la g_s en la mañana se correlación con la humedad del suelo, la radiación solar diaria y la evapotranspiración, mientras que en la tarde esta se correlaciona con las temperaturas máximas y medias.

Por lo que se puede mencionar que los altos datos registrados en el clon CCN-51 pueden tener una relación con las temperaturas del día en que se realizó la g_s, ya que al realizar un análisis de correlación no existió relación alguna con las otras variables. La variación de la conductancia estomática está dada en cierto punto por los cambios ambientales y la humedad encontrada en el suelo, pero también puede tener variaciones por otros factores, como lo demuestran Gómez & Kozlowski (1988), donde encuentran que la conductancia se correlaciona con la tasa de fotosíntesis en determinadas variedades de cacao.

7.5 Largo y ancho del poro estomático

El largo y ancho del poro estomático tiene variaciones debido a la cantidad de agua que la hoja contenga y el momento en que se tome la muestra, pero si deseamos una explicación un poco más genética analizamos un enunciado del trabajo realizado por Costa & Otros (2004), los cuales mencionan que: “La heterosis y nivel de ploidía en cítricos tienden a disminuir la frecuencia estomática e incrementar el tamaño de estomas”. Medir la longitud del poro estomático en conjunto con la densidad estomática se utiliza para la implementación de un método utilizado por Aryavand & Otros (2003), mediante el cual clasifican a las plantas por su diferenciación celular en; haploides, diploides, tetraploides y hexaploides.

Clones	Niveles	Trat	Largo			
CCN - 51	100%	1	6,37	±	0,19	abc
	80%	2	5,23	±	0,10	cd
	60%	3	5,93	±	0,75	abcd
	40%	4	6,37	±	1,04	abc
EET - 103	100%	5	5,77	±	0,76	abcd
	80%	6	5,1	±	0,53	d
	60%	7	5,53	±	0,48	abcd
	40%	8	6,57	±	1,24	a
EET - 575	100%	9	5,73	±	0,48	abcd
	80%	10	5,97	±	0,41	abcd
	60%	11	5,37	±	0,49	abcd
	40%	12	5,33	±	1,43	abcd
EET - 576	100%	13	6,03	±	0,24	abcd
	80%	14	6,03	±	0,66	abcd
	60%	15	5,87	±	0,37	abcd
	40%	16	6,53	±	0,77	ab
Clones			**n/s**			
Niveles			**n/s**			
Clones * Niveles			**n/s**			
C. V			**12,17**			

Tabla 7. Largo del poro estomático en micras (µm), de cuatro clones de cacao, en cuatro niveles de humedad, realizado a las 08h30 am. Prueba de comparación de medias de se realizó con el test de Diferencia Mínimas Significativa

El largo del poro estomático registrado con menor valor se encontró en el clon ETT-103, mientras que el valor más elevado de la longitud del poro se encontró en el mismo clon, esto refleja una diferencia dada por los diferentes niveles de riego que se encuentran dentro del análisis del clon, como lo menciona Takur (1990), encontrando que la longitud del poro está regida por el contenido genético de cada especie y la cantidad hídrica que existe en el suelo. El clon que presento mayor estabilidad referente a la longitud del poro el clon que tuvo una mayor estabilidad fue el EET-576, ya que la diferencia del valor minino con el máximo fue de 0,69 µm, esto muestra que la diferencia fue mínima y existió poca variabilidad, Villalobos (2001), indica la longitud del poro se encuentra en un rango de 10 a 20 µm dependiendo de la especie, por lo que podemos decir que los valores encontrados se encuentran por debajo de lo estimado.

Un estudio realizado por Hernández (2013), demuestra que la longitud del poro estomático aumenta cuando la célula guarda absorbe agua, esto se da en la pared dorsal y posterior ocurre un hinchamiento, después de esto las micro fibrillas halan en la pared interna que borde el poro con ellas, dando así paso a lo que llamamos como la apertura del estoma.

Clones	Niveles	Trat	Ancho am				Ancho pm			
CCN - 51	100%	1	4,43	±	0,33	abc	4,17	±	0,33	a
	80%	2	3,57	±	0,35	c	3,6	±	0,35	ab
	60%	3	4,07	±	0,15	abc	3,83	±	0,15	ab
	40%	4	4	±	0,57	bc	3,6	±	0,57	ab
EET - 103	100%	5	3,87	±	0,66	bc	4	±	0,66	a
	80%	6	3,67	±	0,31	c	4,03	±	0,31	a
	60%	7	3,87	±	0,72	bc	4,2	±	0,72	a
	40%	8	4,33	±	0,63	abc	2,7	±	0,63	b
EET - 575	100%	9	3,93	±	0,61	bc	4	±	0,61	a
	80%	10	4,67	±	0,82	ab	4,67	±	0,82	a
	60%	11	4,03	±	0,67	bc	3,83	±	0,67	ab
	40%	12	4,77	±	0,91	ab	3,47	±	0,91	ab
EET - 576	100%	13	4,5	±	0,45	abc	3,87	±	0,45	ab
	80%	14	5,17	±	0,84	a	4,43	±	0,84	a
	60%	15	4,1	±	0,22	bc	4,23	±	0,22	a
	40%	16	3,9	±	0,31	bc	4,23	±	0,31	a
Clones			n/s				n/s			
Niveles			n/s				*			
Clones * Niveles			*				n/s			
C. V			13,47				19,34			

Tabla 8. Ancho de poro estomático en micras (µm), de cuatro clones cacao, en cuatro niveles de humedad, realizado a las 08h30 am. Prueba de comparación de medias de se realizó con el test de Diferencia Mínimas Significativa

Referente a la especie analizada, los valores más altos se encontraron en el clon EET-576 con un nivel de humedad en el suelo de 80%, mientras que el valor con menor referente al ancho de poro estomático se registró en el clon CCN-51, con una cantidad de humedad en el suelo de 80%, tal como lo registro el valor más alto, esto probablemente sucede debido a las diferentes respuestas fisiológicas que cada clon tiene con diferentes niveles de humedad en el suelo. Estudios realizados por Ma & Li (2002), reportaron valores más altos que los encontrados en nuestro estudio.

Además, Takur (1990), manifiesta que la longitud del poro estomático varia debido a que este presenta un tipo de aclimatación en condiciones de estrés hídrico, por lo que podemos asumir que el ancho del poro estomático va a tener variaciones al presentarse en diferentes especies y que dicha medición tiene una relación con la cantidad hídrica en el suelo. El ancho del poro estomático en la tarde reporto que el clon EET-575 con un nivel de humedad en el suelo de 80%, contrastando esto el clon EET-103, fue el que se obtuvo el menor valor con un nivel de humedad en el suelo de 40%, sin embargo, a pesar de estas variaciones dadas, no se encontró diferencia significativa.

Lo cual puede ser ocasionado por las variables y la combinación al momento de efectuar el análisis estadístico.

Berdeja & otros (2010). En un trabajo similar del tamaño de estomas en lima – persa se reportó el tamaño del poro está relacionado con el ancho que tiene la célula oclusiva y a su vez con el material genético, siendo así que en la mandarina cleopatra y el limón Volkameriano en ambos el tamaño promedio fue similar a 20 micras, mientras que al realizar un cruce de ambas especies el tamaño aumento a un promedio de 25 micras. Por lo que probablemente las diferencias dadas en el ancho del poro estomático están dadas por los diferentes materiales genéticos utilizados en el estudio.

7.6. Área del poro estomático

Clones	Niveles	Trat	Área del poro			
CCN - 51	100%	1	31,33	±	2,33	abcd
	80%	2	22,43	±	1,70	e
	60%	3	27,67	±	3,07	abcde
	40%	4	29,1	±	5,64	abcde
EET - 103	100%	5	27,23	±	5,40	bcde
	80%	6	23,53	±	2,40	de
	60%	7	25,03	±	4,44	de
	40%	8	33,23	±	7,60	ab
EET - 575	100%	9	25,93	±	3,53	bcde
	80%	10	32,93	±	5,38	abc
	60%	11	25,17	±	4,09	cde
	40%	12	26,7	±	2,06	bcde
EET - 576	100%	13	29,4	±	1,78	abcde
	80%	14	35,17	±	1,07	a
	60%	15	28,83	±	1,90	abcde
	40%	16	22,07	±	4,10	e
Clones			n/s			
Niveles			n/s			
Clones * Niveles			***			
C. V			16,96			

Tabla 9. Tamaño del poro estomático en micras (µm), de cuatro clones cacao, en cuatro niveles de humedad. Prueba de comparación de medias de se realizó con el test de Diferencia Mínimas Significativa

La estructura precisa del aparato estomático puede variar considerablemente de una especie a otra, pero los cambios en el tamaño del poro se deben a cambios en la presión de turgencia entre las células oclusivas y las células acompañantes; un aumento de volumen de las células oclusivas o una disminución de volumen de las células acompañantes resulta en la apertura estomática. (Azcon Bieto y Talón 2008)

Como podemos observar en la Tabla 9. Nos muestra los valores obtenidos en cuantos al tamaño del poro estomático el genotipo EET-576 presento un valor alto en el tamaño del poro estomático con un nivel de humedad del 80%, en cuanto el mismo genotipo incidió en el valor más bajo del poro estomático con nivel de humedad del 40%.

Strasburger (1986) menciona que el tamaño de los estomas estaría relacionado con la optimización de la capacidad de almacenar agua. A propósito, Aasaman (2001), afirma que en un estudio realizado en secuoya su cavidad sub estomática mostró cambios de tamaño y estructura según la posición de los estomas en la hoja, y en la superficie adaxial (envés), la cavidad se encuentra rodeada de células del parénquima en empalizada, siendo su forma regular y bien delimitada.

7. 7 Densidad estomática ápice, medio y base

En la densidad estomática tomada de tres puntos diferentes de la superficie adaxial de la hoja, se encontró una diferencia significativa en lo que corresponde a la parte media, dividendo la misma en dos subconjuntos (a y b), sin embargo en la parte superficial basal y apical no se encontró diferencia significativa, tal como se evidencio en un trabajo de Cañizares y otros (2003), en el cual analizaron la densidad e índice estomático en hojas de limón en la superficie basal, media y apical de la hoja, encontrando que aunque los valores varíen uno de otro, estadísticamente no son significativos entre sí.

El número de estomas en el cultivo de cacao es variable dependiendo de los clones como lo demuestra Gómez y Kozlowski (1988), estos encontraron en la superficie abaxial alrededor de 700 estomas por mm^2, Huan, L; Yee, H & Wood, B (1986), evidencio que en malasia la densidad estomática de híbridos mixtos fue desde los 820 a 1110 estomas por mm^2, lo cual evidencia que la diferencia de la densidad estomática se da entre los clones.

Clones	Niveles	Trat	Ápice				Medio				Base			
CCN - 51	100%	1	734	±	2,33	abc	689	±	9,62	f	722	±	58,85	abc
	80%	2	680	±	1,70	abc	880	±	113,75	bcde	691	±	47,65	abc
	60%	3	788	±	3,07	ab	831	±	72,81	de	715	±	25,54	abc
	40%	4	671	±	5,64	bc	941	±	62,92	abcd	588	±	153,22	c
EET - 103	100%	5	811	±	5,40	ab	775	±	93,91	ef	684	±	61,33	abc
	80%	6	784	±	2,40	ab	950	±	30,05	abcd	737	±	24,33	ab
	60%	7	839	±	4,44	a	969	±	116,77	abcd	824	±	81,86	a
	40%	8	695	±	7,60	abc	861	±	112,53	cde	612	±	100,01	bc
EET - 575	100%	9	784	±	3,53	ab	850	±	139,29	cde	678	±	132,21	bc
	80%	10	707	±	5,38	abc	756	±	141,75	ef	639	±	33,86	bc
	60%	11	746	±	4,09	ab	872	±	29,27	cde	702	±	67,66	abc
	40%	12	814	±	2,06	ab	1019	±	26,79	ab	629	±	105,74	bc
EET - 576	100%	13	784	±	1,78	ab	778	±	79,2	ef	684	±	44,19	abc
	80%	14	810	±	1,07	ab	891	±	14,43	bcde	711	±	21,55	abc
	60%	15	788	±	1,90	ab	978	±	149,38	abc	674	±	138,38	bc
	40%	16	584	±	4,10	c	1031	±	38,08	a	676	±	33,65	bc
Clones			n/s				n/s				n/s			
Niveles			*				*				n/s			
Clones * Niveles			n/s				*				n/s			
C. V			12,65				9,38				12,23			

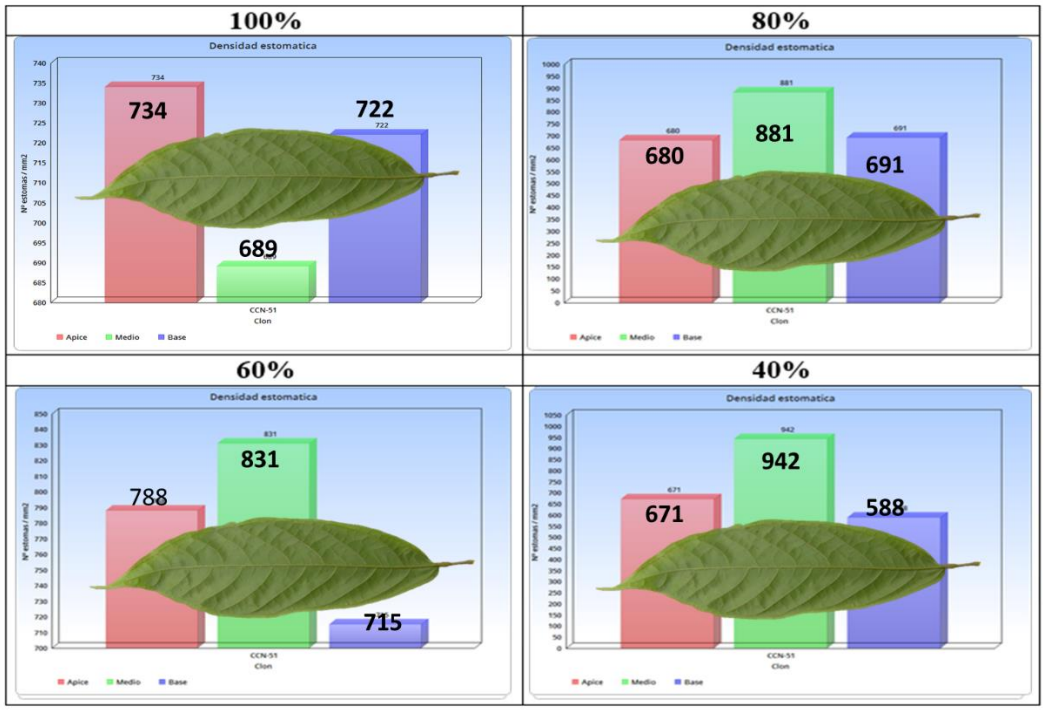
Tabla 10. Densidad estomática de ápice, medio y base en hojas de cuatro clones cacao, en cuatro niveles de humedad en el suelo. Prueba de comparación de medias de se realizó con el test de Diferencia Mínimas Significativa

Como se muestra en ella tabla 10, correspondiente a la densidad estomática de tres partes de la hoja (ápice, medio y base), se pudo observar que los valores con mayor cantidad de estomas se dieron en la parte media de la hoja, dicho valor no solo se presentó en un clon ya que predomino en los cuatro clones de estudio, mientras que los valores mínimos de presentaron en el área basal de las hojas, también en todos los clones de estudio, por lo que podemos presumir que en cultivo de cacao la densidad estomática tiene áreas determinadas en las cuales se presenta el mayor y menor número de estomas, sin embargo al especificar las cantidades podemos observar que si existen diferencias (a y b), esta densidad puede estar dada como lo menciona Rada & Otros (2005), que la conductancia, densidad e índice estomático pueden factores variables debido a la carga genética de cada especie.

Los resultados encontrados no se asemejan a los de Cañizares & Otros (2003), los cuales analizaron la superficie abaxial de hojas de lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) injertada sobre ocho patrones cítricos, dichos resultados fueron disminuyendo progresivamente tomando como punto de partida la parte apical hasta llegar a la basal, además este resultado también se le presento a lo que corresponde el índice estomático, claro está por la relación que estas dos variables tienen entre sí. Sin embargo, se necesitan realizar

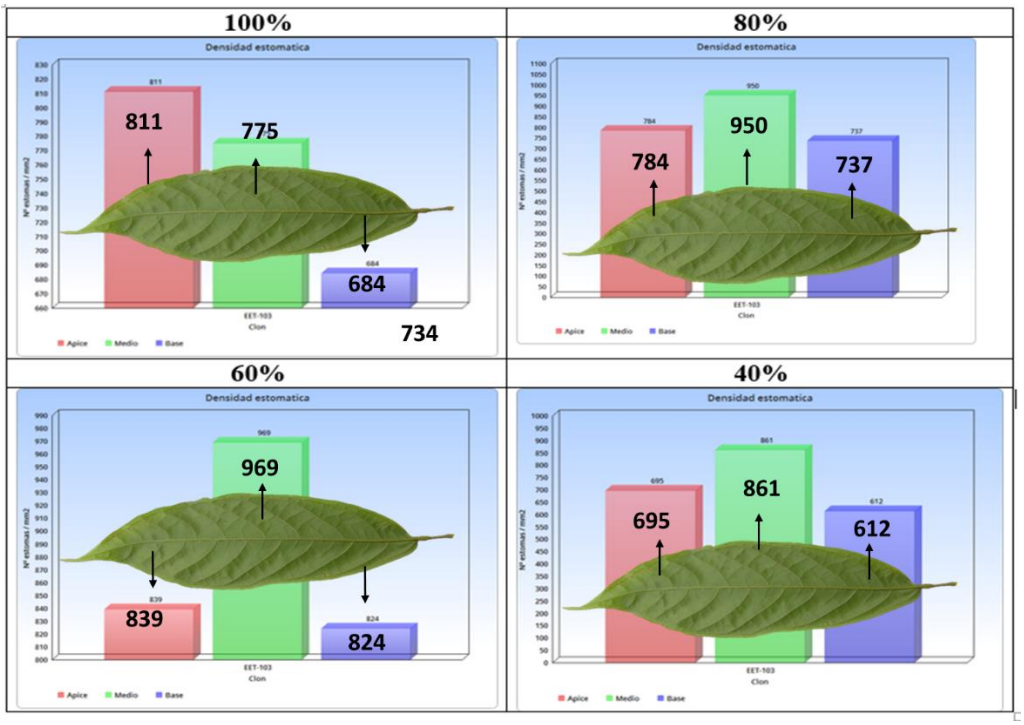
análisis del contenido de prolina en las hojas (estudio no contemplado en el trabajo), para así determinar si el contenido de las mismas infiere en los resultados encontrados dentro de cada clon.

Gráfico 1. Densidad estomática del clon; CCN-51, en comparación con; 100%, 80%, 60% y 40% de humedad en el suelo.



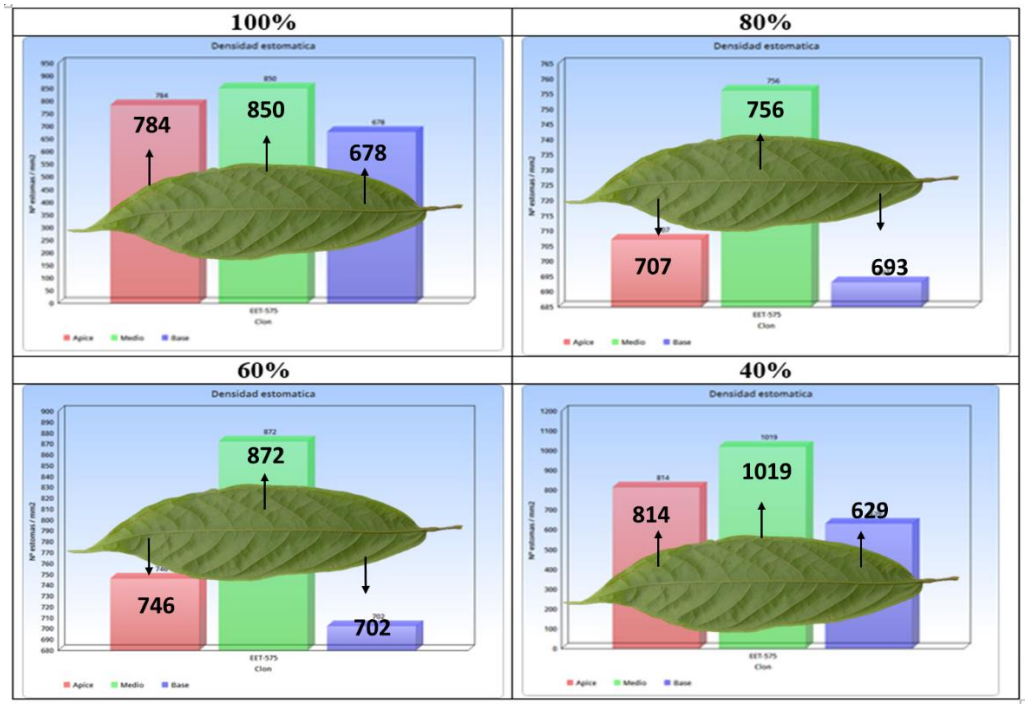
La densidad estomática presente en este clon, reflejo que tres de cuatro niveles de humedad en el suelo son los que reportan el mayor número de estomas en la parte media de la hoja, específicamente en la parte abaxial de la misma. Sin embargo al 100% de humedad en el suelo en la parte media se registró el valor más bajo referente a densidad, lo cual puede darse por un alargamiento de las células epidérmicas entre los estomas y adicional una menor proporción de filas con estomas. (Ganem, D & Otros, 2014)

Gráfico 2. Densidad estomática del clon; EET-103, en comparación con; 100%, 80%, 60% y 40% de humedad en el suelo.



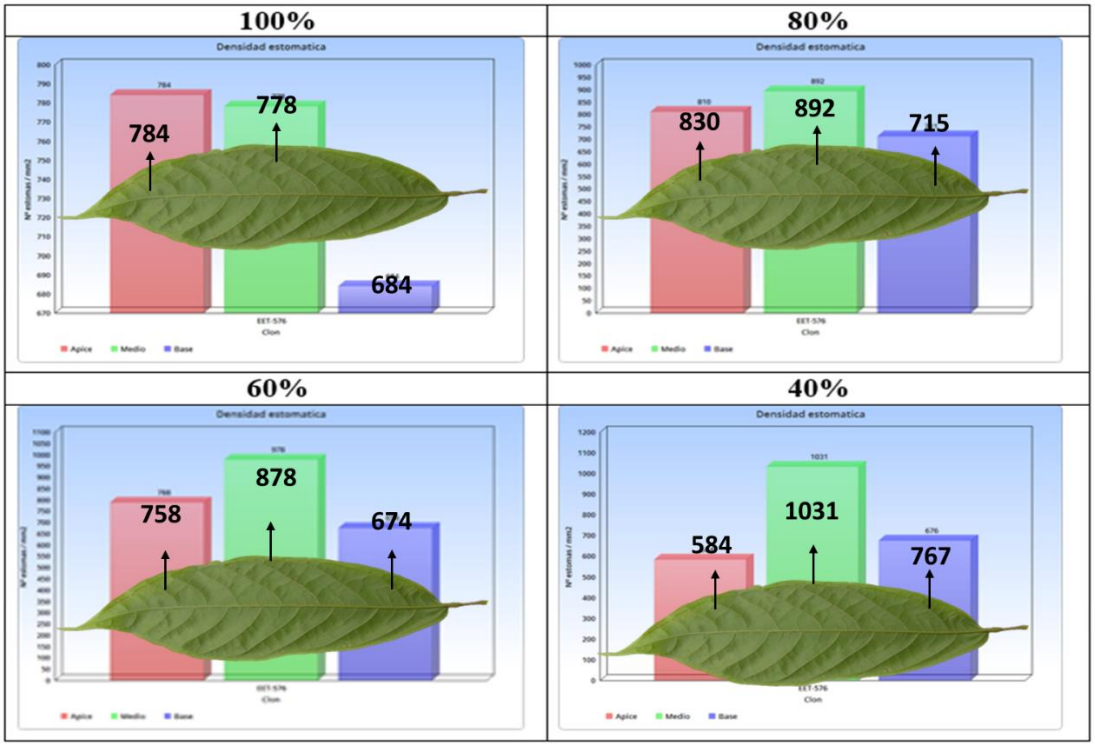
La densidad estomática con mayores resultados se presentó en la parte media de hojas de cacao, siendo así que uno de los valores más altos se encontró en el nivel con 60% de contenido de humedad en el suelo con 969 estomas por mm2, sin embargo se presenta como en la gráfica anterior una densidad baja en el nivel con 100% de humedad en el suelo, donde se presume que esta variación se puede otorgar por un alargamiento de las células epidérmicas entre los estomas y diferentes condiciones ambientales en la cual se desarrolló el genotipo. (Ganem, D & Otros, 2014)

Gráfico 3. Densidad estomática del clon; EET-575, en comparación con; 100%, 80%, 60% y 40% de humedad en el suelo.



El aumento de la DE en los diferentes niveles de humedad tiene diversas condiciones por las cual se modifican, como lo son la carga genética y las condiciones ambientales, debido a que un mismo genotipo la DE varía según el contenido de humedad en el suelo, sin embargo el presente trabajo denota el valor más alto referente a DE se dio en el nivel con 40% de humedad en el suelo, se necesita tener un conocimiento más dirigido hacia la parte fisiológica, para tener claro las funciones internas que ocurren dentro de cada genotipo para así saber en parte por qué la variabilidad de la DE.

Gráfico 4. Densidad estomática del clon; EET-576, en comparación con; 100%, 80%, 60% y 40% de humedad en el suelo.



Este genotipo es uno de los que registra mayor DE en cuanto refiere al 40% contenido de humedad en el suelo con 1031 por mm2, esto es un valor representativo y que además confirma los presentado por diferentes autores que; a mayor cantidad de agua presente en el suelo la densidad estomática tiende a subir, sin embargo la explicación fisiológica y el proceso interno que sucede dentro de las hojas no está claro, pero en estudios de Ganem, D & Otros (2014) presentan una teoría que los cambios de la densidad se dan por los factores del medio ambiente y por un alargamiento de las células epidérmicas entre los estomas, ambos factores pueden interferir para que se de este dicho cambio en la DE.

CONCLUSIONES

1. La densidad estomática (DE) demostró que tiene variaciones debido al contenido de humedad en el suelo, siendo así de manera general que en los clones con 100% de humedad en el suelo, la densidad estomática tiende a bajar, mientras que en el tratamiento con 40% de humedad en el suelo la densidad estomática tiende a elevarse, estos datos se presentaron en la parte abaxial de la hija

2. El valor más alto referente al índice estomático se obtuvo en el clon EET-103, con 80% de humedad en el suelo, mientras que el menor valor se encontró en el clon EET-576 con el 40% de humedad.

3. La conductancia estomática en la mañana, que presento mayor valor se dio en el clon EET-103, con 100% de humedad en el suelo y el valor más bajo se dio en el clon CCN-51, con 60% de humedad en el suelo, mientras que en la tarde el valor más alto se encontró en el clon CCN-51, con 80% de humedad en el suelo y el menor valor estuvo en el clon EET-103, al 40% de humedad en el suelo

RECOMENDACIONES

1. Evaluar estas variables a nivel de campo y en plantas adultas en época seca y lluviosa en los diferentes clones, monitoreando así la realidad del agricultor

2. Realizar las evaluaciones en futuros trabajos antes de regar y después de regar, para la variable de conductancia estomática.

3. Proporcionar un software mediante el cual se brinde nitidez a la imagen que nos brinda el microscopio, o realizar un tipo de tinción a las muestras que ayuden en futuros conteos de células epidérmicas.

4. Realizar diferentes investigaciones en las cuales involucren tanto a la conductancia como a la disponibilidad de agua en el suelo, en diferentes especies vegetales para así analizar el comportamiento de las mismas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aasaman. *Leaf anatomical characteristic associated with shoot hydraulic conductance, stomatal conductance and stomatal sensitivity to changes of leaf water status in temperate deciduous trees.* Plant Physiol, 2001.

Almeida, A, Aguilar, M, Brito and Valle, R. "Scielo." *Water relations aspects of Theobroma cacao L.* 2002. http://www.scielo.br/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S1677-04202007000400011 (accessed Noviembre 17, 2017).

Almeida, A; Valle. "Ecophysiology of growth and production." *Ecophysiology of tropical tree Crops*, 2010: 44.

Amorin, S, & Valle, R. "Radicular temperature effects in water movement resistence in cacao tree (Theobroma cacao L.)." *Acta Botanica.* Brasilia, 2012. 55 - 64.

ANECACAO. *Cacao CCN-51.* 2015. http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/cacaoccn51.html (accessed Marzo 10, 2018).

Aryavand, A, Ehdaie, B, Tran, B and Waines, J. *Stomatal frequency and size differentiate ploidy levels in Aegilops neglecta.* Articulo , Genetic Resources and Crop Evolution, 2003.

Aspiazu, I, et al. "Eficiencia fotosintetica y de uso del agua por malezas." *Scielo*, 2010: 87 - 92.

Azcon Bieto, J, and M Talón. *Fundamentos de fisiologia vegetal.* Barcelona: Mc Graw Hill, 2008.

Barrera, G. *Respuestas de la clorofila a y la fotosíntesis al déficit hídrico y diferentes condiciones de luz en dos variedades de cacao (Theobroma cacao L.).* . Trabajo especial de grado, Merida, Venezuela: Universidad de los Andes, 2006.

Barrientos - Priego, A. "Indice y densidad estomatica foliar en plántulas de trez razas de aguacatero." *Rev. Fitotec.* 2003. http://www.redalyc.org/html/610/61026410/ (accessed Febrero 20, 2018).

Berdeja, A, M Villegas, L Ruiz, S Sahagun, y M Colinas. «Interaccion lima persa - portainjertos efecto en caracteristicas estomaticas de hoja y vigor de arboles.» *Research Gate*, 2010: 91 - 97

Bos y Tscharntke, T. "Shade tree management affects fruit abortion, insect pests." 2007: 231.

Cañizares, A, Sanabria, M, Rodriguez, D and & Perozo. *Caracteristicas de los estomas, indice e densidad estomatica de las hojas de lima Tahiti (Citrus latifolia Tanaka) injertada sobre ocho patrones citricos.* Informe cientifico, San Agustin de la Pica: UDO Agricola, 2003.

Cochard, H, X Coli, L Roux, and T Ameglio. *Descifrando los efectos hidráulicos de plantas en el.* 282 - 290, 2002.

Costa, M, Almeida, B, Mourao, F, Mendes, J and Rodriguez, A. *Análisis estomático de híbridos somáticos en cítricos obtenidos por fusión de protoplastos.* Articulo, Pesqui, 2004.

Croxdale. *Caracteristicas de los estomas, densidad e indice estomatico y su variacion en funcion a la injertacion en Annona muricata L. Y A. montana MADFAC.* 2000.

Daymond, A; Tricker, P; Hadley, P. *Variación genotípica en la fotosíntesis en el cacao se correlaciona con la conductancia estomática y nitrógeno hoja.* Informe cientifico, Whiteknights: Universidad de Reading, 2011.

Daymond, & Hadley. "Los efectos de la temperatura y la luzz integral sobre el crecimiento vegetativo temprano y flourescencia de cuatro genotipos de cacao." 2004. https://www.researchgate.net/publication/227662273_The_effects_of_temperature_and_light_integral_on_early_vegetative_growth_and_chlorophyll_fluorescence_of_four_contrasting_genotypes_of_cacao_Theobroma_cacao (accessed Diciembre 20, 2017).

Dell Amico-Rodríguez, José M., & Morales-Guevara, Donaldo M.. (2017). Comportamiento de la conductancia estomática de dos variedades de tomate cubanas en condiciones de campo y riego limitado. Cultivos Tropicales, 38(2), 137-144. Recuperado en 18 de agosto de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000200020&lng=es&tlng=es

Duicela, L, Corral, R, Farfán, D, Cedeño, L and Sanchez, R, Villacis, J, Palma, J. "Caracterización física y organoléptica de cafés arábigos en los principales agro ecosistemas del Ecuador." *COFENAC ULTRAMARES*, 2003: 48.

Enriquez, G. "Cacao Organico." *Guia para productores Ecuatorianos*, 2010: 48.

ESPAC. *Encuesta de superficie y produccion* . 2015. www.espac.com (accessed Diciembre 20, 2017).

Espinosa, C & Mosquera, D. "Estudio de factibilidad para la produccion de caca en el Cantón San Lorenzo, Provincia de Esmeraldas." Tesis de pregrado, Quito, 2012.

FERRER S.L. *Porómetro*. 2012. https://www.lab-ferrer.com/sensores/instrumentacion-y-sensores/porometro-conductancia-estomatica.html (accessed Abril 22, 2018).

Galle. A, Haldimann P, Feller U. "Rendimiento y las relaciones de agua fotosinteticos en roble pubescente (joven Quercus pubescens) árboles durantes el estres por sequía y recuperacion." *New Phytologist*, 2007: 174, 799 - 810.

Ganem, D; Equiza, M; Lorenzo, M; Tognetti, J. Cambios en la anatomía epidérmica foliar de cereales de clima templado en respuesta al frío. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata. Vol. 113. 2014.

Garcia & Moreno. "Physiological responses of Theobroma cacao L. to water soil available in nursery." *Acta Agronomia* 65, no. 1 (2016): 44-50.

Garcia, L, Romero, C and Ortiz, O. "Evaluacion edafoclimatica de las tierras del tropico bajo colombiano para el cultivo de cacao." *Produmedios*, 2007: 67.

García, X., E. García, Q. Rascón, L. Herrera, and G.A. Aguado. 2005. Chlorophyll accumulation is enhanced by osmotic stress in graminaceous chlorophyllic cells. J. Plant Physiol. 162:650-667

Gomez, A, & Kozlowski, T. "Stomatal characteristics, leaf waxes, and transpiration rates of Theobroma cacao and Hevea brasiliensis seedlings." In *Stomatal characteristics, leaf waxes, and transpiration rates of Theobroma cacao and Hevea brasiliensis seedlings*, by A Gomes and T Kozlowski, 425 - 432. Annals of Botany, 1988.

Gómez, A. *Efecto de diferentes intensidades de luz sobre el intercambio gaseoso y desarrollo del cacao criollo Guasare.* Trabajo de postgrado de Ecologia Tropical, Merida, Venezuela: ICAE, 2002.

Goyal, R. *La sensibilidad de la evapotranspiración al calentamiento global: un caso de estudio de la zona árida de Rajasthan (India).* Agric, 2004.

Greenspan, M. "Advanced Viticulture." *Using the leaft porometer in grapes.* 2000. http://www.advancedvit.com/Using_the_leaf_porometer_in_grapes.pdf (accessed Mayo 25, 2018).

Guevara, J. "Redalyc.org." *La fórmula de Penman-Monteith FAO 1998 para determinar la evapotranspiración de referencia, ETo.* 2006. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72103103 (accessed Marzo 15, 2018).

Hernandez. *Libro de Botanica online: Transpiracion.* 2013. http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/transpiracion/ (accessed Diciembre 20, 2017).

Hernández, J. Regulación del cierre estomático: una función representada por varios actores. 2013. Investigador Científico del CSIC, Grupo de Biotecnología de Frutales, CEBAS. https://cienciacebas.wordpress.com/2013/12/12/regulacion-del-cierre-estomatico-una-funcion-representada-por-varios-actores/

Hetherington, Woodward. *The role of stomata in sensing and driving environmental change.* Nature, 2003.

Huan, L, Yee, H and Wood, B. "Irrigation of cocoa on coastal soils in Peninsular Malaysia. In Cocoa and Coconuts: Progress." In *Irrigation of cocoa on coastal soils in Peninsular Malaysia. In Cocoa and Coconuts: Progress*, by L Huan, H Yee and B Wood, 117 - 132. Kuala Lumpur : Incorporated Society of Planters, 1986.

ICCO. "Produccion de Granos de Cacao." *Boletin Trimestral de Estadisticas del Cacao*, 2017.

Indah, A; Agung W. Investigación de los diferentes caracteres de estomas en tres clones de cacao con resistencia a nivel de diferencia a la CIV (muerte regresiva Streak Vascular) Enfermedad. Revista de Ciencia y Tecnología Agrícola A título 3 (2013) 703-710 A principios de: Journal of Agricultural Science and Technology

INEC, Instituto Nacional de Estadisticas y Censos. *Estadisticas Agropecuarias de Ecuador.* 2017. http/www.ecuadorencifrs.gob.ec//estadísticas-agropecuarias-2/ (accessed Enero 9, 2018).

INIAP, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. "Manejo Tecnico del cultivo de cacao en Manabi." *INIAP - Manual Numero 75*, 2010: 149.

Kadman. *Índice y densidad estomática foliar en plántulas de tres meses.* 1965.

Martín, B., Kebede, H. & Rilling, C. 1994. Photosynthetic differences among Lycopersycum species and Triticun aestivum cultivars. Crop Sci. 34: 113-118.

Martinez, D. Caracterización de cultivares de cacao (Theobroma cacao L) por su respuesta de defensa a Moniliophthora roreri y supolimorfismo de SSRs. Universidad Nacional de Colombia. 2015

Ma, Q, and C. Li. "Epidermal structures of Sequoia sempervirens (D. Don) Endl. (Taxodiaceae)." Articulo, Taiwania, 2002, 194 - 202.

MAGAP. "Rendimientos de cacao almendra seca (Theobroma cacao)." Enero 2018. http://sipa.agricultura.gob.ec/biblioteca/rendimientos/rendimiento_cacao_2017.pdf (accessed Marzo 9, 2018).

MAGAP. "www.mag.gov.ec." 2016. http://www.mag.gov.es/docs/boletines/boletin_43_2005.pdf (accessed Abril 12, 2018).

Matsumoto, K., T. Ohta, and T. Tanaka. 2005. Dependence of stomatal conductance on leaf chlorophyll concentration and meteorological variables. Agric. Forest Meteorol. 132:44-57

Medrano, y otros. "Eficiencias en el uso del agua por las plantas ." *Biologia de les plantes en condicions mediterranies*, 2007: 142.

Motamayor, J, P Risterucci, C López, A Ortiz, and C Moreno. "Cacao domestication ." *The origin the cacao cultivated by The Mayas* . 2002.

Motamayor, J, Philippe, L, Jay, W, da Silva e Mota, and Rey, L. "Geographic and Genetic Population Differentiation of the Amazonian Chocolate Tree (Theobroma cacao L)." Edited by Justin Borevitz. *PLoS ONE* 3, no. 10 (2008): e3311.

Mott. *Irregular conductancia estomatica: comportamiento colectivo em,ergente de los estomas.* Trends in Plant Science, 2000.

Muller, M, & Valle, R. "Ecofisiologia do cultivo do cacaueiro ." *Ciencia y Tecnologia do Cacauerio*, 2012: 66.

Ohsumi, A, Kanemura, T, Homma, K, and Shiraiwa, T. *Variacion genotipica de la conductancia en relacion con la densidad de los estomas y la longitud del arroz.* Tesis de grado, Planta Prod, 2007.

Phillips, M, Wilbert. *Cambio climático y enfermedades: enemigos del cacao.* 4 de Noviembre de 2015. https://revistaproagro.com/opinion/cambio-climatico-enfermedades-enemigos-del-cacao/ (último acceso: 26 de Febrero de 2018).

Pietragalla y Pask. "Fitomejoramiento Fisiologico II: Una Guia de Campo para la Caracterizacion Fenotipica de Trigo." *CYMMYT*, 2012.

Rada, F, Jaimez, R, Nuñez, C, Azocar, A & Ramirez, M. "Relaciones hídricas e intercambio de gases en Theobroma cacao var. Guasare bajo períodos de déficit hídrico." *Revista de la Facultad de Agronomia de la ICAE*, 2005: 112 - 120.

Raja, H, & Hardwick, K. "The effects of prolonged exposure to different light intensities on the photosynthesis of coca leaves." In *The effects of prolonged exposure to different light intensities on the photosynthesis of coca leaves*, by H Raja and K Hardwick, 205 - 209. Santo Domingo, 1997.

Rodriguez, D, Donaldo M, Morales, and Jose M. *Comportamiento de la conductancia estomática de dos variedades de tomate cubanas en condiciones de campo y riego limitado.* Junio 2017. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000200020 (accessed Mayo 23, 2018).

Salas, J, R Sanabria, and R Pire. "Variacion en el indice y densidad estomatica en plantas de tomate (Licopersicum sculentum Mill). Sometidas a tratamientos salinos." *Redalyc*, 2001: 99 - 104.

Salisburry, and Ross. *Fisiologia de las plantas.* Paraninfo, 2000.

Souza, C, and L Diaz. "Enviromental and socio economic improvement in genetic improvement of cacao." In *Enviromental and socio economic improvement in genetic improvement of cacao*, by C Souza and L Diaz, 260. L.A.S, 2004.

Squeo, F, & Leon, M. "Capitulo III." *Transpiración.* 2007. http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Transpiracion.pdf (accessed Febrero 18, 2018).

Strasburger. *Tratado de Botanica.* Barcelona - España : Marin , 1986.

Taiz, and Zeiger. *Fisiologia Vegetal. Vol.2.* Universitad Jaume, 2006.

Taiz, L, and Zeiger. *Plant Physiology.* Sinauer Associates, 2002.

Takur, P. "Different physiological response of tomato (Lycopersicum esculentum Mill.) cultivar to drought." *Acta Physiologiae Plantarum.* 1990. 175 - 182.

Tanny, J. "Microclimate and evapotranspiration of crops covered by agricultural screens." *Biosystems Engineering*, 2013: 26 - 43.

Ticha. *Photosynthetic characteristics during ontogenesis of leaves.* Photosynthetica, 1982.

Trewaras. *Caracteristicas de los estomas, densidad e indioce estomatico en secuoya (Sequoia sempervirens) y su variacion en diferentes planataciones.* Chile: Annals of Botany, 2003.

Valle, R. "Ciência, tecnologia e manejo do cacaueiro." In *Ecofiologia do cultivo do cacauerio*, by R Valle, 272 - 289. CEPLAC, 2014.

Velázquez, J. Caracterización agroclimática de la agricultura protegida para la seguridad alimentaria y su adaptación ante el cambio climático. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua Coordinación de Riego y Drenaje Subordinación de Ingeniería de Riego. 2017

Vega, C. *"Desempeño del frijol común bajo riego parcial de raíces en un sistema de respuesta hidrogravitrópica selectiva.* Tesis doctoral, Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2017.

Villalobos, E. *Fisiología de la Producción de Los Cultivos Tropicales.* San Jose: Tropical crops - Physiology, 2001.

Wilkinson, H. "The plant superface (Mainly leaf)." In *The plant superface (Mainly leaf)*, by H Wilkinson, 97 - 165. London: Metcalfe Chalk, 1979.

Zuidema, P, P Leffelaar, W Gerritsma, L Mommer, and N Anten. "A physiological production model for cocoa (Theobroma cacao L)." *Agricultural Systems*, 2005: 195 - 225.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla resumen de análisis de varianza (p), sobre el efecto de la disponibilidad de agua en el suelo en el control estomático de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)

ANVA

Var.		Niveles (p)	Clones (p)	NxC (p)	CV (%)
ID	(am)	0,0302	0,0382	0,1676	1,15
	(pm)	0,4734	0,6430	0,6496	2,02
DE		0,0125	0,0955	0,1131	9,41
g_s	(am)	0,3248	0,7167	0,2738	29,65
	(pm)	0,0253	0,3146	0,0027	11,04
DE (a,m,b)	Ap.	0,0504	0,3787	0,2312	12,14
	Md.	0,0109	0,1535	0,0565	9,8
	Bs.	0,1254	0,4746	0,5364	11,82

Índice estomático (ID), densidad estomática (DE), conductancia estomática (gs) ápice, medio, base (a, m, b), coeficiente de variación (CV), nivel de significancia o p valor (p)

Anexo 2. Tabla de promedios del índice estomático realizado en dos fechas y horas distintas, tomando en cuenta el efecto de la disponibilidad hídrica en el suelo en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Clones	CCN - 51			EET - 103			EET - 575			EET - 576		
Niveles	Med	Error		Med	Error		Med	Error		Med	Error	
100%	88,25	1,31	a	88,90	1,95	a	89,88	1,72	a	89,57	1,78	a
80%	89,35	1,67	a	91,34	0,59	a	88,92	1,55	a	90,13	1,03	a
60%	89,74	1,94	a	90,01	1,67	a	89,85	1,15	a	90,37	1,39	a
40%	89,75	2,13	a	89,86	2,03	a	90,73	1,71	a	91,62	2,6	a
CV	2			1,85			1,73			2		

Anexo 3. Tabla de promedios de la densidad estomática sobre el efecto de la disponibilidad hídrica en el suelo en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Clones	CCN - 51			EET - 103			EET - 575			EET - 576		
Niveles	Med	Error		Med	Error		Med	Error		Med	Error	
100%	661	32,41	b	751	82,80	a	788	123,90	ab	699	106,32	b
80%	814	189,79	ab	882	190,57	a	677	160,28	b	828	26,81	ab
60%	805	56,00	ab	912	122,01	a	815	93,31	ab	875	183,77	ab
40%	864	119,16	a	791	76,50	a	941	127,03	a	1006	72,03	a
CV	14,84			15,15			15,94			13,25		

Anexo 4. Tablas de promedios de la conductancia estomática realizada en la mañana y tarde, en cuatro clones de cacao en cuatro diferentes niveles de humedad

Conductancia am

Clones	CCN - 51			EET - 103			EET - 575			EET - 576		
Niveles	**Med**	**Error**		**Med**	**Error**		**Med**	**Error**		**Med**	**Error**	
100%	217,87	51,61	a	243,67	40,91	a	155,70	28,45	a	200,53	67,11	a
80%	173,87	39,78	a	184,83	8,01	a	141,17	14,91	a	160,90	3,93	a
60%	169,13	73,59	a	115,47	30,65	a	131,63	32,43	a	133,17	68,66	a
40%	137,73	42,7	a	112,17	104,31	a	183,93	76,97	a	191,53	83,47	a
CV	30,68			35,49			29,22			37,1		

Conductancia pm

Clones	CCN - 51			EET - 103			EET - 575			EET - 576		
Niveles	**Med**	**Error**		**Med**	**Error**		**Med**	**Error**		**Med**	**Error**	
100%	198,50	24,62	ab	233,60	19,24	a	186,50	51,14	a	196,83	32,98	a
80%	248,43	15,5	a	188,37	19,15	ab	214,10	32,14	a	207,67	9,64	a
60%	150,13	36,38	b	150,27	31,63	ab	159,20	32,42	a	187,50	32,79	a
40%	156,37	31,24	b	132,83	54,39	b	200,27	26,04	a	168,93	32,86	a
CV	14,89			19,44			19,29			15,18		

Anexo 5. Tabla referente al largo y ancho de poro estomático, dados en micras. (µm)

Largo

Clones	CCN - 51			EET - 103			EET - 575			EET - 576		
Niveles	**Med**	**Error**		**Med**	**Error**		**Med**	**Error**		**Med**	**Error**	
100%	5,97	0,81	a	5,89	0,79	a	5,46	0,47	a	5,71	0,47	ab
80%	5,57	1,13	a	4,70	1,71	a	6,03	1,38	a	6,19	0,87	a
60%	5,79	0,60	a	5,25	0,74	a	5,32	0,33	a	5,93	0,26	ab
40%	6,22	0,40	a	5,56	1,03	a	5,24	0,27	a	5,25	0,55	b
CV	13,32			21,16			13,77			10,07		

Ancho – am

Clones	CCN - 51			EET - 103			EET - 575			EET - 576		
Niveles	**Med**	**Error**		**Med**	**Error**		**Med**	**Error**		**Med**	**Error**	
100%	5,97	0,81	a	5,89	0,79	a	5,46	0,47	a	5,71	0,47	ab
80%	5,57	1,13	a	4,70	1,71	a	6,03	1,38	a	6,19	0,87	a
60%	5,79	0,60	a	5,25	0,74	a	5,32	0,33	a	5,93	0,26	ab
40%	6,22	0,40	a	5,56	1,03	a	5,24	0,27	a	5,25	0,55	b
CV	9,45			15,3			17,55			16,43		

Ancho – pm

Clones	CCN - 51			EET - 103			EET - 575			EET - 576		
Niveles	**Med**	**Error**		**Med**	**Error**		**Med**	**Error**		**Med**	**Error**	
100%	4,16	0,5	a	4,00	0,36	a	4,02	0,56	a	3,86	0,63	a
80%	3,58	1,29	a	4,05	1,31	a	4,65	1,4	a	4,46	1,06	a
60%	3,85	0,51	a	4,20	0,46	a	3,85	0,16	a	4,20	0,56	a
40%	3,58	0,1	a	2,69	0,68	a	3,45	0,81	a	3,83	0,24	a
CV	19,45			21,19			21,51			16,85		

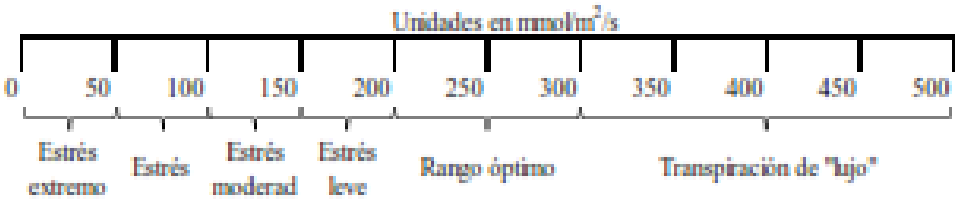
Anexo 6. Tabla referente al tamaño de poro estomático, dado en micras. (µm)

Clones	CCN - 51			EET - 103			EET - 575			EET - 576		
Niveles	**Med**	**Error**		**Med**	**Error**		**Med**	**Error**		**Med**	**Error**	
100%	20,30	4,12	a	18,37	4,53	a	17,09	3,04	a	18,81	3,67	a b
80%	15,01	6,99	a	16,16	8,57	a	22,02	5,77	a	23,14	4,67	a
60%	18,09	2,72	a	16,61	3,63	a	16,56	2,7	a	19,38	2,35	a
40%	19,02	1,38	a	20,47	3,79	a	17,23	4,1	a	13,67	1,29	b
CV	23,95			30,8			22,39			17,39		

Anexo 7. Tabla sobre la densidad estomática, ápice, medio y base en mm^2

Niveles/ Clones	CCN-51				EET-103				EET-575				EET-576				Media	CV%
									Ápice									
100%	734	±	103,62	a	811	±	75,08	a	784	±	99,73	a	784	±	69,01	a	**778**	10,34
80%	680	±	114,73	a	784	±	57,57	a	707	±	28,36	a	810	±	57,84	a	**745**	11,13
60%	788	±	47,65	a	839	±	98,14	a	746	±	84,18	a	788	±	129,47	a	**790**	11,09
40%	671	±	138,11	a	695	±	53,84	a	814	±	120,59	a	584	±	7,77	a	**691**	17,13
									Medio									
100%	689	±	9,62	b	775	±	93,91	b	850	±	139,29	ab	778	±	79,2	ab	**773**	12,61
80%	880	±	113,75	ab	950	±	30,05	ab	756	±	141,75	b	891	±	14,43	ab	**869**	12,43
60%	831	±	72,81	ab	969	±	116,77	a	872	±	29,27	ab	978	±	149,38	b	**913**	11,99
40%	941	±	62,92	a	861	±	112,53	ab	1019	±	26,79	a	1031	±	38,08	a	**963**	9,58
									Base									
100%	722	±	58,85	a	684	±	61,33	a	678	±	132,21	a	684	±	44,19	a	**692**	10,41
80%	691	±	47,65	a	737	±	24,33	a	639	±	33,86	a	711	±	21,55	a	**695**	6,81
60%	715	±	25,54	a	824	±	81,86	a	702	±	67,66	a	674	±	138,38	a	**729**	13,16
0%	588	±	153,22	a	612	±	100,01	a	629	±	105,74	a	676	±	33,65	a	**626**	15,54

Anexo 8. Escala referencial de valores de conductancia estomática para definir niveles de transpiración. Fuente: (Greenspan 2000)



Anexo 9. Fotografías sobre el proceso de la investigación

9.1 Ubicación de las macetas dentro del área asignada para la investigación

9.2 Llenado de las macetas con la mezcla de tierra, materia orgánica y arena

9.3 Trasplante y establecimiento de los clones de cacao en las macetas previamente llenos de sustrato

9.4. Riego en clones de cacao previamente trasplantados.

9.5 Fertilización foliar con GROW COMBI 1

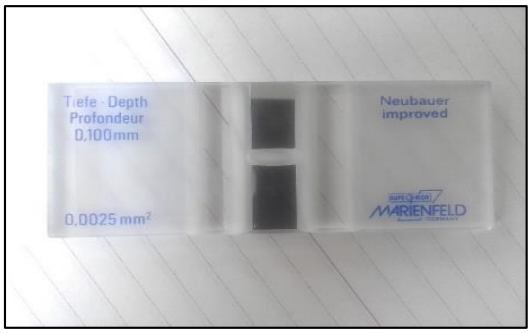
9.6 Fertilización del cultivo de cacao

9.7 Fertilización potásica realizada con Kaliumin

9.8 Podas de formación

9.9 Identificación de los niveles de humedad en el suelo, los clones y sus repeticiones

9.10 Materiales y equipos utilizados para recolectar los datos referentes a densidad e índice estomático

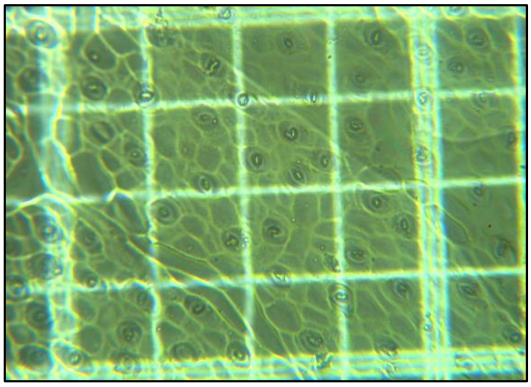


Cámara de Neubauer **Microscopio**

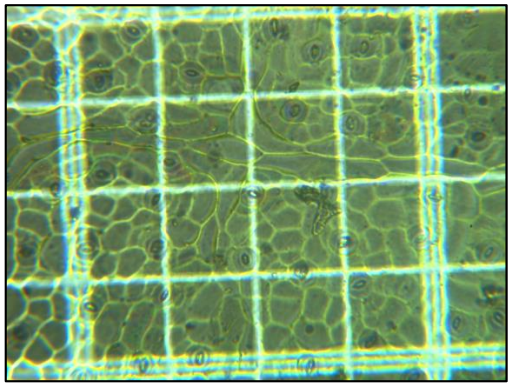
Esmalte de uñas (transparente-secado rápido), alcohol, franela, hoja de cacao, pinzas

9.11 Extracción de capa de esmalte en la parte abaxial de la hojas, para posterior realizar el conteo y formulación de la densidad e índice estomático

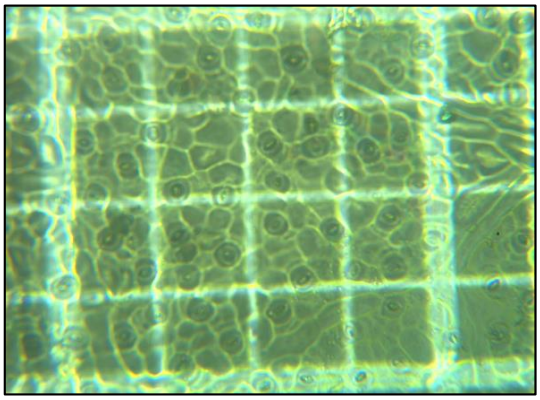
9.12 Imágenes dadas por el software ScopeImage 9,0, sobre la densidad estomática y las células epidérmicas



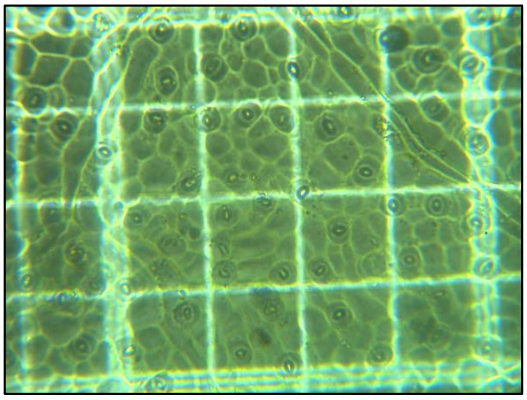
CCN-51



EET-103

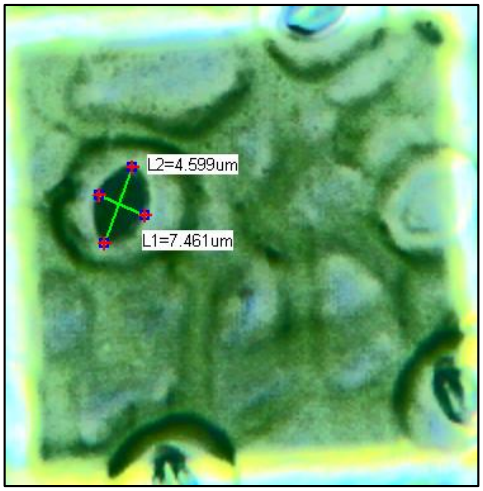


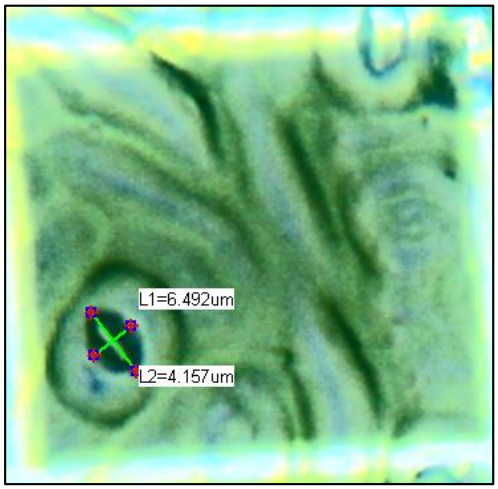
EET-575



EET-576

9.13 Medición del largo y ancho del poro estomático, para determinar el tamaño del mismo dado en micras.





9.14 Toma de la conductancia estomática con la ayuda del Porómetro SC-1 (Decagon Device, en las hojas del cacao.

Anexo 10. Reporte de análisis de agua, realizado en la estación experimental tropical "Pichillingue"

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 AGUAS

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : Arteaga Alcivar Francisco
Dirección:
Ciudad : Portoviejo
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : Teodomira
Provincia : Manabí
Cantón : Portoviejo
Parroquia :
Ubicación :

DATOS DEL LOTE
Superficie :
Identificación : Muestra 1

PARA USO DEL LABORATORIO
Nº Reporte : 1500
Nº 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_3	mg/l	0,00	Normal(Sin Restricciones en el uso)
HCO_3	mg/l	61,00	Puede Causar Restricción en el uso
Cl	mg/l	45,50	Normal(Sin Restricciones en el uso)
SO_4	mg/l	0,40	Normal(Sin Restricciones en el uso)
NO_3	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)½	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)

OBSERVACIONES
C1. Agua baja salinidad, apta para l riego en todos los casos. Puede existir problemas solamente en suelos de muy baja permeabilidad. S1. Agua con bajo contenido en sodio. Sin embargo puede presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio

Unidades:
dS/m = deciSiemens/metro
mg/l = miligramos/litro = ppm
meq/l = miliequivalentes/litro
(meq/l)½ = raiz cuadrada de meq/l
ppm = partes por millón

LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 11. Reporte de análisis de suelo, realizado en la estación experimental tropical "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 Alcívar Francisco	Nombre	: Teodomira	Cultivo Actual	:
Dirección	:	Provincia	: Manabí	N° de 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.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	g/cm3	ppm	Textura (%)			
Laborat.	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	D.A	Cl	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
81656			0,98 M		3,2 M	3,2	1,87	7,90	31,96	1,15		35	32	33	Franco-Arcilloso

INTERPRETACION							
Al+H, Al y Na		C.E.				M.O. y Cl	
B	= Bajo	NS	= No Salino	S	= Salino	B	= Bajo
M	= Medio	LS	= Lig. Salino	MS	= Muy Salino	M	= Medio
T	= Tóxico					A	= Alto

ABREVIATURAS	
C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
RAS	= Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA	
C.E.	= Conductímetro
M.O.	= Titulación de Welkley Black
Al+H	= Titulación con NaOH

LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO

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 Alcívar 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.	Datos del Lote			ppm		meq/100ml			ppm					
Laborat.	Identificación	Area	pH	NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
81656	Muestra 1		7,1 PN	23 M	78 A	3,48 A	21 A	6,5 A	81 A	6,7 M	5,2 A	36 M	19,5 A	1,40 A

INTERPRETACION									
pH								Elementos: de N a B	
MAc	= Muy Acido	LAc	= Ligeramente Acido	LAl	= Ligeramente Alcalino	RC	= Requiere Cal	B	= Bajo
Ac	= Acido	PN	= Prac. Neutro	MeAl	= Media. Alcalino			M	= Medio
MeAc	= Media. Acido	N	= Neutro	Al	= Alcalino			A	= Alto

METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES
pH	= Suelo: agua (1:2,5)	Olsen Modificado
N,P,B	= Colorimetría	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
S	= Turbidimetría	Fosfato de Calcio Monobásico
K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	= Absorción atómica	B,S

LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO