



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE MATERIALES  
DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*) TOLERANTES AL  
ESTRÉS HIDRICO BAJO CONDICIONES DE MARCHITEZ  
PERMANENTE**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERIA AGROPECUARIA**

**Autor:** Rebeca Isabel Vera Veintimilla

La Libertad, 2022



UPSE

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE MATERIALES  
DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*) TOLERANTES AL  
ESTRÉS HIDRICO BAJO CONDICIONES DE  
MARCHITEZ PERMANENTE**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERIA AGROPECUARIA**

**Autora:** Rebeca Isabel Vera Veintimilla.

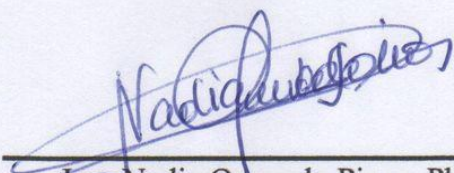
**Tutora:** Ing. Clotilde Andrade, MSc.

LA LIBERTAD, 2022

## TRIBUNAL DE GRADO

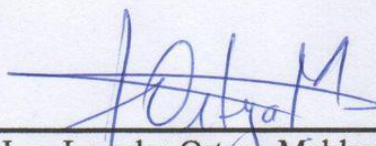
Trabajo de Integración Curricular presentado por **REBECA ISABEL VERA VEINTIMILLA** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniera Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 2019-2.



---

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D  
**DIRECTORA DE CARRERA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Lourdes Ortega Maldonado, Msc  
**PROFESORA ESPECIALISTA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Clotilde Andrade Varela, Msc  
**PROFESORA TUTORA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Lic. Ana Villalta Gómez  
**PROFESOR GUÍA DE LA UIC**  
**SECRETARIA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios que me permite culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis padres Juan Vera y Amalia Veintimilla, quienes me brindaron su apoyo incondicional durante todo este proceso de formación académico, al igual que la familia Marriott Pulgar por brindarme confianza y apoyo.

A mi esposo por motivarme y ayudarme en la culminación de mi tesis.

A mi tutora, Ing. Clotilde Andrade, por toda su colaboración y predisposición durante el tiempo que duro el experimento.

A todos mis profesores que con mucha paciencia compartieron sus conocimientos conmigo.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía y fortaleza.  
A mi familia, quienes han sido mi motor para avanzar.

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento agronómico de los materiales de café Robusta (*Coffea canephora*) tolerantes al estrés hídrico, hasta el estado de chapola. Los tratamientos en estudio fueron estadísticamente evaluados, mediante un diseño completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos y tres repeticiones, los cuales fueron sometidos a los parámetros de Capacidad de Campo (CC) y Punto de marchitez permanente (PMP) durante tres semanas, T1 (CC); T2 (PMP); T3(PMP); T4 (PMP); T5 (PMP), se midió el porcentaje de las plántulas que sobrevivieron al estrés hídrico (%), diámetro basal (mm), longitud del tallo (cm) y lectura del tensiómetro (cb), los resultados obtenidos demuestran que, los genotipos que sobrevivieron al estrés hídrico hasta la tercera semana de la evaluación (21 días) fueron los tratamientos T3 y T4 por haber alcanzado alturas de 3 cm, diámetro del tallo de 1.7 mm y un porcentaje de emergencia de 33% hasta el estado de chapola. Concluyendo que los tratamientos T3 y T4 toleraron el estrés hídrico cuando fueron sometidos al parámetro PMP alcanzado 70 cb.

**Palabras claves:** Café Robusta, estrés hídrico, capacidad de campo, punto de marchitez permanente.

## **ABSTRACT**

This work was done with the aim of evaluating the agronomic behavior of Café Robusta materials (*Coffea canephora*) tolerant to water stress, up to the chapola state. The treatments under study were statistically evaluated, through a completely randomized design (RD), with five treatments and three repetitions, which were subjected to the parameters of Field Capacity (FC) and Permanent Wilting Point (PWP) for three weeks, T1 (FC); T2 (PWP); T3(PWP); T4; (PWP); T5 (PWP), the percentage of seedlings that survived water stress (%), basal diameter (mm), stem length (cm) and tensiometer reading (cb), were measured, the results obtained show that, the genotypes that survived the water stress until the third week of the evaluation (21 days) were treatments T3 and T4 for having reached heights of 3 cm, stem diameter of 1.7 mm and a emergence percentage of 33% until the chapola state. Concluding that treatments T3 and T4 tolerated water stress when they were subjected to the PWP parameter reached 70 cb.



## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE MATERIALES DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*) TOLERANTES AL ESTRÉS HIDRICO BAJO CONDICIONES DE MARCHITEZ PERMANENTE”** y elaborado por **Rebeca Isabel Vera Veintimilla**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

### Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'R.V. Veintimilla', written over a horizontal line.

Firma del estudiante



<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
1.1 Generalidades del cultivo de café robusta ( <i>Coffea canephora</i> ). .....	3
1.1.1. Origen .....	3
1.1.2. Clasificación Taxonómica.....	3
1.2. Características botánicas .....	4
1.2.1. Raíz .....	4
1.2.2. Hoja.....	4
1.2.3. Flor.....	4
1.2.4. Fruto.....	5
1.2.5. Semilla .....	5
1.3. Selección de la semilla.....	6
1.4. La semilla y su proceso de germinación .....	6
1.4.1. Efectos de la salinidad en el cultivo de café .....	6
1.4.2. Cultivo de café en suelos salinos.....	7
1.5. Necesidad hídrica en el cultivo de café.....	7
1.6. Conductividad eléctrica .....	7
1.7. El estrés hídrico y la importancia de su estudio .....	8
1.8. Efectos provocados por la sequía en las plantas.....	8
1.1 Índice de tolerancia a sequia .....	9
1.2 Capacidad de campo .....	9
1.3 Punto de Marchitez Permanente.....	9
<b>2. CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>

2.1.	Localización y descripción del lugar del ensayo .....	10
2.2.	Materiales y equipos .....	10
2.2.1.	Materiales de laboratorio y reactivos.....	10
2.2.2.	Equipos .....	10
2.2.3.	Software .....	10
2.3.	Material genético .....	11
2.4.	Características Física-Química del suelo utilizado para trasplante .....	11
2.5.	Diseño experimental .....	12
2.6.	Tratamientos.....	13
2.7.	Variables experimentales .....	13
2.7.1.	Porcentaje de supervivencia de las plántulas .....	13
2.7.2.	Diámetro basal.....	13
2.7.3.	Altura de plántula .....	14
2.7.4.	Lectura tensiómetro .....	14
2.8.	Manejo del experimento .....	14
2.8.1.	Especificaciones técnicas del diseño experimental .....	15
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>16</b>
3.1.	Porcentaje de supervivencia de las plántulas .....	16
3.2.	Altura de planta .....	17
3.3.	Diámetro de tallo .....	18
3.4.	Lectura del tensiómetro.....	19
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>20</b>
	Conclusiones .....	20
	Recomendaciones.....	20

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>21</b>
---	-----------

<b>ANEXOS.....</b>	<b>25</b>
--------------------	-----------

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción del Material Genético. ....	11
<b>Tabla 2.</b> Características químicas de la muestra de suelo utilizada en la presente investigación, Ruth (2020).....	12
<b>Tabla 3.</b> Distribución de los grados de libertad.....	12
<b>Tabla 4.</b> Descripción de los genotipos en estudio con su respectiva característica de origen. ....	13
<b>Tabla 5.</b> ANDEVA realizada a la altura del tallo.....	17
<b>Tabla 6.</b> ANDEVA realizada al diámetro del tallo. ....	19

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Croquis de la distribución del Área experimental. ....	15
<b>Figura 2.</b> Porcentaje de supervivencia de las plántulas .....	16
<b>Figura 3.</b> Altura promedio de plántulas de café robusta en la tercera semana de evaluación. ....	17

## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Tabla. 1A</b> Datos de la altura de la planta.....	31
<b>Tabla. 2A</b> Datos del diámetro de la planta.....	32
<b>Tabla. 3A</b> Lectura del tensiómetro (KPa).....	32
<b>Figura. 1A</b> Preparación del suelo.....	25
<b>Figura. 2A</b> Trasplante de semillas germinadas en diferentes concentraciones de agua de mar. .....	25
<b>Figura. 3A</b> Tratamientos tolerantes al estrés hídrico.....	26
<b>Figura. 4A</b> Control de maleza.....	26
<b>Figura. 5A</b> Preparación del Tensiómetro.....	27
<b>Figura. 6A</b> Supervisión del ensayo por el tutor académico.....	27
<b>Figura. 7A</b> Plántula del Tratamiento 3 expresando PMP con una lectura de 65 cb.....	28
<b>Figura. 8A</b> Plántula del Tratamiento 4 expresando PMP con una lectura de 65 cb.....	28
<b>Figura. 9A</b> Plántula del Tratamiento 5 expresando PMP con una lectura de 65 cb.....	29



## **INTRODUCCIÓN**

La especie de café robusta, fue descubierta en África al final del siglo XIX, específicamente, entre el período de 1951 a 1986; en donde se ha encontrado creciendo de manera silvestre al igual que en algunas zonas tropicales del Congo y Guinea.

El café robusta, considerada por ciertos autores como una planta arbustiva por su altura, que en algunas plantas alcanza un promedio de 4.5 a 6 m. Su corteza presenta un color gris claro y las hojas pueden alcanzar un tamaño de doce centímetros de largo, y colores de verde intenso hasta oscuro brillante. Posee flores pequeñas, de color blanco y aroma agradable que atrae a los insectos polinizadores (Cimat, 2016).

Según Quimí (2018), la provincia de Santa Elena, por la extensión y riqueza de sus tierras, está catalogada como la segunda región cafetalera del país; pese a la falta de agua en casi todas las comunas, pero a través del MAG, se lleva adelante múltiples proyectos de desarrollo económico agrícola, que han permitido reactivar varias de ellas, logrando que esta especie, se adapte a las condiciones climáticas de la Península de Santa Elena, mejorando la productividad, aroma y textura del café, la producción del café en el año 2016 y 2018 tuvo una producción de café de 120 qq/ha a 130 qq/ha.

Una de las consecuencias a las que se tiene que enfrentar este cultivo, por la falta de agua, es el estrés hídrico; siendo una respuesta fisiológica que presentan las plantas, a la disminución de agua disponible en el ambiente, ocasionando un desequilibrio entre la transpiración y la absorción de agua. Fenómeno, que ocurre cuando hay disponibilidad limitada del agua, así como también, por las temperaturas extremas existentes en el suelo, altos valores de salinidad y baja presión atmosférica.

Al respecto, la provincia de Santa Elena, se caracteriza por tener estas características, debido a los bajos niveles de precipitación que han venido ocurriendo año tras año, tomando un repunte, entre el período 1982-2011, cuyas precipitaciones en dicha provincia fueron de 260.4 mm/año, distribuidas entre las estaciones lluviosa y seca durante los meses de noviembre a junio.

**Problema Científico:**

El desconocimiento de los agricultores sobre la semilla de café robusta adaptada a las condiciones edafoclimáticas de las zonas de producción de la provincia de Santa Elena.

**Objetivo General:**

Evaluar el comportamiento agronómico de los materiales de café Robusta (*Coffea canephora*) tolerantes al estrés hídrico, hasta el estado de chapola.

**Objetivos****Específicos:**

1. Seleccionar los materiales de café robusta que sobrevivan al estrés hídrico hasta el estado de chapola.
2. Determinar los parámetros hídricos del suelo.

**Hipótesis:**

Las plántulas en estado de chapola de café Robusta sometidas a estrés hídrico presentan características agronómicas deseables.

## **CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **1.1 Generalidades del cultivo de café robusta (*Coffea canephora*).**

#### **1.1.1. Origen**

De acuerdo con Llinás (2013), menciona que el cafeto es originario de África, siendo parte de la familia de las Rubiáceas, constituye el género *Coffea*, este género tiene alrededor de 80 especies originarias de África y Asia; siendo las de mayor importancia comercial son: *Coffea arábica* y *Coffea canephora*, que ocupan el 65% y 35% del área cultivada mundialmente respectivamente. Se introdujo al país por el Instituto Autónomo Nacional de Investigaciones Agropecuaria (INIAP), desde el centro agronómico tropical de Investigación y enseñanza (CATIE, Costa Rica), a partir de 1950 hasta 1986.

#### **1.1.2. Clasificación Taxonómica**

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Tracheobionta (Angiosperma)
<b>Superdivisión:</b>	Spermatophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliópsida
<b>Orden:</b>	Rubiales
<b>Familia:</b>	Rubiaceae
<b>Género:</b>	<i>Coffea</i>
<b>Especie:</b>	<i>Canephora</i>
<b>Nombre Científico:</b>	<i>Coffea Canephora</i>

## **1.2. Características botánicas**

### **1.2.1. Raíz**

Es un órgano muy importante, a través de él, las plantas absorben el agua y los nutrientes necesarios para el crecimiento y la producción, son un medio para la acumulación de material que proporcionarán nutrientes para las hojas y frutos en el futuro, cumplirán su función de crecimiento y permanecerán anclados en tu lugar. El cafeto tiene una raíz principal que penetra verticalmente en suelos sin limitaciones físicas, hasta profundidades de 50 cm. De esta raíz llegan a salir gruesas que se extienden horizontalmente, siendo un medio de soporte a las raíces delgadas o absorbentes llamadas también raicillas.

El sistema radicular de los cafetos es poco profundo, responsable de absorber agua y nutrientes minerales, en los primeros diez centímetros del suelo se encuentran un poco más de la mitad de estas raíces, y el 86% se encuentran en los primeros 30 centímetros (León, 2000).

### **1.2.2. Hoja**

Las hojas son los órganos básicos de las plantas debido a la fotosíntesis, la transpiración y la respiración. En las ramas aparecen unas hojas aproximadamente cada 15 o 20 días. Independientemente de la densidad de plantación, un cafeto de un año tiene un promedio de 440 hojas. A partir del segundo año, la densidad de siembra y la luz solar o las condiciones de sombra afectarán significativamente la cantidad de hojas por planta. Las hojas duran en un cafetal alrededor de un año, la duración de las hojas se reducirá debido a la sequía, las altas temperaturas y la mala nutrición (Herrera, 2000).

### **1.2.3. Flor**

León (2000) determina que, la flor del cultivo del café robusta son los órganos con la función de reproducir a las plantas, tienen la capacidad de dar origen a los frutos; es decir, sin flores no puede existir cosecha. Las flores del cafeto aparecen en los nudos de las ramas, hacia la base de las hojas, en grupos de 4 o más sobre un tallo pequeño y corto denominado glomérulo, la cual en la base de cada hoja hay de 3 a 5 glomérulos.

La cantidad de flores presentes en un momento denominado, depende de nudos formados previamente en cada rama, el proceso de formación de las flores del cafeto puede durar de 3 a 5 meses donde se presentan las siguientes etapas: iniciación floral y diferenciación, un corto período de latencia, renovación rápida del crecimiento del botón floral y apertura de las yemas.



La fase final del desarrollo de la flor está condicionada por la suspensión del período de latencia y esto sólo se da por la presencia de lluvia después de un período prolongado de verano, caída repentina de la temperatura o aun, neblina intensa al final de un periodo seco. La fecundación de la flor ocurre cuando un grano de polen se pone en contacto con el óvulo. Si éste recibe el polen de la misma flor, se da la autofecundación, en el cafeto la autofecundación mayor del 90% aproximadamente, cumpliendo con los factores.

El conocimiento del proceso de la floración del cafeto le permite al caficultor establecer: la distribución de la cosecha, estimar las necesidades de mano de obra para la recolección, planificar las prácticas culturales al igual que el manejo de plagas y enfermedades, estimar el flujo de ingresos a través del año e identificar las épocas y el origen de problemas que afectan la calidad de la cosecha.

#### **1.2.4. Fruto**

Busso (2018) determina que, es el resultado de la unión del grano de polen con el óvulo se forman el fruto y las semillas. En el desarrollo del fruto del café se pueden distinguir cuatro periodos:

Primer periodo: es una etapa donde hay muy poco crecimiento en tamaño, peso del fruto y va desde la fecundación hasta la sexta semana.

Segundo periodo: en esta etapa el fruto crece rápidamente en peso y volumen, se necesita el agua, de lo contrario el grano se queda pequeño, hay secamiento, caída de frutos y se presenta el "grano negro", también es denominada como la etapa de formación del grano lechoso, y va desde la sexta a la décima sexta semana después de la fecundación.

Tercer periodo: el crecimiento exterior del fruto casi no se nota, se da una gran demanda de nutrientes, se endurece la almendra, si falta agua, el fruto no termina de formarse bien y se produce el grano averanado y va de la décima sexta a la vigésima séptima semana después de la fecundación.

Cuarto periodo: Es la época de maduración o cambio de color del fruto y va de la vigésima-séptima a la trigésima- segunda semanas después de la fecundación.

#### **1.2.5. Semilla**

Se compone de dos partes: Almendra y Pergamino.

Las almendras son duras y de color verde y estarán cubiertas por una película plateada cuando se sequen. Protegiendo la semilla, hay una cubierta llamada pergamino que está cubierta de una sustancia azucarada que es el "mucílago" o "baba". Al café seco se le denomina pergamino (Frederico, 2015).

### **1.3. Selección de la semilla**

Se debe recolectar frutos sanos que hayan alcanzado su completa madurez fisiológica (cereza), que presenten un tamaño deseable de acuerdo a la variedad seleccionada. De igual manera, se debe eliminar los frutos pequeños y vanos. Una planta con bajo porcentaje de granos vanos (granos que flotan cuando son colocados en el interior de un recipiente conteniendo agua), transmitirá esta característica a sus descendientes. Una planta buena productora y con un porcentaje de granos vanos equivalente al 5% se considera como una adecuada planta madre.

Durante esta fase se debe eliminar manualmente los granos anormales (caracoles, triángulos y monstruos), enfermos o defectuosos, en esta forma sólo se selecciona semilla completamente desarrollada y bien formada, con punta redonda y ranura recta. La semilla de café está cubierta por una lámina dura que corresponde al endocarpio del fruto conocida con el nombre de "pergamino" (González, 2004).

### **1.4. La semilla y su proceso de germinación**

Durante la fase de germinación de la semilla brota la radícula que se curva luego hacia la tierra o medio para producir tacillas laterales, el hipocótilo se desarrolla levantando los cotiledones que se encuentran envueltos en el pergamino, la película plateada y los restos de endospermo posteriormente se destruyen.

La semilla de café es capaz de germinar inmediatamente después de su recolección, por lo que debe sembrarse lo más pronto posible. A medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, se reduce su porcentaje de germinación. No se recomienda sembrar semillas con más de seis meses de almacenamiento, procesa que dura alrededor de 50 a 60 días (Busso, 2018).

#### **1.4.1. Efectos de la salinidad en el cultivo de café**

La magnitud del estrés que genera la salinidad en la planta depende de factores como el cultivar, el tipo, intensidad y duración de la salinidad, la luminosidad, la humedad del suelo y del aire, y de la etapa del desarrollo de la planta, en cultivares de café en Colombia encontraron que la salinidad puede afectar las diferentes variables biológicas de café, entre ellas área foliar, altura de la planta, acumulación de materia seca de la parte aérea y radical, potencial de agua en las hojas y actividad de nitrato reductasa y en casos extremos causar la muerte de las plantas en las etapas iniciales de crecimiento (Reyes, 2014).

#### **1.4.2. Cultivo de café en suelos salinos**

Frederico (2015) manifiesta que la alta salinidad resultante de la aplicación de las mayores dosis de fertilizantes en especial los sulfatos de Mg y K, ocasiona la muerte de algunas plantas pocos días después del trasplante, un suelo empieza a presentar problemas de sales cuando su C.E. es superior a 2 dS cm<sup>-1</sup> y añade que el límite de la clasificación como salino depende de la especie.

Por lo tanto y basándose en los resultados obtenidos, se puede afirmar que la aplicación de los tres elementos, en especial el Mg y el K, genera salinidad en los tres suelos conforme a las dosis suministradas, hasta alcanzar niveles que superan los valores críticos reportados.

#### **1.5. Necesidad hídrica en el cultivo de café**

En la actualidad muchas regiones cafetaleras del mundo se han visto afectadas por prolongados períodos de sequía, debido a la disminución de las precipitaciones provocadas por la variabilidad del cambio climático, y esto ha provocado importantes reducciones en los rendimientos. Es un hecho ampliamente conocido la sensibilidad particular que cada fase de desarrollo de un cultivo presenta a los factores ambientales. Particularmente en el caso del estrés hídrico, la fase de floración parece ser la más sensible en la mayor parte de los cultivos en que su producto final lo constituyen granos o frutos; lo cual ha sido ampliamente documentado (Intagri, 2017).

Estos resultados están en concordancia con el hecho de que, independientemente de la época de siembra, la mayor tasa de evapotranspiración de los cultivos se produce en las fases de floración y maduración, que son las etapas de desarrollo de mayor actividad fisiológica.

#### **1.6. Conductividad eléctrica**

Conductividad eléctrica es el recíproco de la resistencia 1/ohms y se mide en milimhos/cm o en dS/m, la CE del agua se mide directamente del suelo requiriendo la pasta de un suelo saturado y se le extrae al agua para medir la cantidad de sal. En un suelo bien drenado la conductividad eléctrica será igual en todo el perfil de la zona radical, mientras que en el caso en un suelo mal drenado la conductividad eléctrica se incrementará drásticamente con la profundidad, para convertir el valor de los sólidos totales disueltos (Cortéz, 2012).

### **1.7. El estrés hídrico y la importancia de su estudio**

Ojeda *et al.*, (2014), indican que, el estrés hídrico es considerado el factor que más limita la producción a escala mundial. Desde un punto de vista ecofisiológico, el estrés hídrico es “cualquier limitación al funcionamiento óptimo de las plantas impuesta por una insuficiente disponibilidad de agua”, y existen términos relacionados tales como “déficit hídrico” y “sequía”, que se usan frecuentemente como sinónimos, aunque presenten matices diferentes. El déficit hídrico hace referencia a cualquier limitación en el abastecimiento de agua en los tejidos, por lo que puede considerarse casi como sinónimo de estrés hídrico. Por otro lado, la sequía denota en muchos casos, una interacción entre baja disponibilidad hídrica, alta temperatura y alta irradiación, es la falta o insuficiencia de precipitaciones durante un período largo, la que produce una reducción del agua disponible en el suelo, y por lo tanto, restricciones en el suministro hídrico a la planta, es decir, se trata de un déficit hídrico prolongado.

El estrés por déficit hídrico puede describirse en tres grados:

Estrés leve: Potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) entre -0.20 y -0.80 MPa o el contenido relativo de agua (CRA) en un 8-10% respecto a plantas bien regadas bajo leve demanda evaporativa.

Estrés moderado: Potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) entre -0.81 y -1.49 MPa o una disminución del CRA entre un 10 y un 20%.

Estrés severo: disminución del potencial hídrico mayor a 15 bares (-1.5 MPa) o disminución del CRA mayor a un 20%.

Con el estudio del estrés hídrico en las plantas, podría lograrse el entendimiento de los mecanismos fundamentales de adaptación y realizar un aprovechamiento mejor del recurso agua-suelo-nutriente, sin una gran modificación de los ambientes.

### **1.8. Efectos provocados por la sequía en las plantas**

El agua es el factor limitante que más interviene en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que el grado de desarrollo de éstas es normalmente proporcional al agua disponible, juega un papel esencial en su metabolismo, tanto a nivel celular como en la planta completa. Cualquier disminución en la disponibilidad del agua tiene un efecto casi inmediato sobre el desarrollo de las mismas y los procesos como la fotosíntesis, transporte y acumulación de solutos. Es muy común caracterizar el estado hídrico de una planta y la magnitud del estrés por el potencial hídrico ( $\Psi_w$ ).



La sequía se considera un síndrome complejo, integrado por una numerosa serie de procesos, algunos de los cuales son deletéreos y otros son adaptativos, por lo tanto, es muy difícil pormenorizar la totalidad de los procesos que son afectados por esta, pudiendo afectar prácticamente a todos los aspectos morfológicos y fisiológicos de los cultivos. Si la duración y la severidad son suficientemente intensas, puede causar una pérdida de cosecha total; la respuesta generalizada se plasma en una reducción del tamaño de las plantas, de su área foliar, del rendimiento cosechable y la respuesta ecofisiológica más directa es el cierre estomático, que aparece evolutivamente como una respuesta para evitar la desecación y la muerte de la planta en situaciones de déficit hídrico.

Se establece que el déficit de agua en la planta disminuye todos los procesos fisiológicos tales como fotosíntesis, transpiración, respiración, equilibrio hormonal, producción de enzimas, proteínas y aminoácidos; además, limita el desarrollo de las mismas, inicia el secamiento de las hojas, ramas y tallos, disminuye el tamaño de los frutos, el número de semillas y su tamaño, así como, el rendimiento y su calidad (Ojeda et al., 2014).

### **1.1 Índice de tolerancia a sequia**

El índice de tolerancia a sequía se ha utilizado como criterio para seleccionar genotipos por su tolerancia al estrés. Dicho índice consiste en comparar los tratamientos sometidos a estrés de una variable, sobre aquellos en condiciones normales de riego. Con este índice, se pueden considerar los genotipos con los valores más altos como los más tolerantes; aquellos con los valores más bajos serán los más susceptibles. Por lo anterior, el índice de tolerancia a sequía ha sido ampliamente utilizado en trabajos de tolerancia al estrés (Quintana et al., 2017).

### **1.2 Capacidad de campo**

Se denomina Capacidad de Campo a la cantidad de agua humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente, evitando pérdida por evapotranspiración hasta que el potencial hídrico del suelo se estabilice (alrededor de 24 a 48 horas luego de la lluvia o riego). Este contenido de agua está en condiciones para ser utilizada por el cultivo (Rodríguez et al., 2020).

### **1.3 Punto de Marchitez Permanente**

Es la tensión máxima que puede realizar un cultivo para extraer el agua del suelo. A partir de allí, esa planta en esas condiciones de humedad no tendrá posibilidades de abastecerse de agua y pierden su turgencia (Rodríguez et al., 2020).

## **2. CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Localización y descripción del lugar del ensayo**

El experimento se realizó bajo condiciones controladas en el invernadero del centro de Investigaciones Agropecuarias perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, en el cantón la Libertad, Provincia de Santa Elena. Sus coordenadas geográficas son la latitud ser 2°13'57.23" y una altitud de 25 metros sobre el nivel del mar.

### **2.2. Materiales y equipos**

#### **2.2.1. 2.2.1 Materiales de laboratorio y reactivos**

- Agua
- Fundas plásticas de siembra
- Espátula
- Marcador
- Guantes de látex
- Papel toalla
- Pinzas
- Vaso de precipitación de 100 ml
- Lupa

#### **2.2.2. Equipos**

- Calibrador vernier
- Cámara fotográfica
- Computadora portátil
- Estéreo microscopio
- Tensiómetro

#### **2.2.3. Software**

- Microsoft Word
- Microsoft Excel

### 2.3. Material genético

Los materiales que se utilizaron en el presente estudio, provienen de clones de café robusta seleccionados en el Ecuador a través de la antigua Estación Experimental Napo Payamino del INIAP, ubicada en la provincia de Orellana.

El material antes mencionado, fue utilizado en un trabajo de investigación, en donde lograron, bajo condiciones controladas, germinar en sustratos como agua destilada y agua de mar con conductividades eléctricas de 36 dS/m, 32 dS/m y 27 dS/m. A continuación, el producto de esta investigación se detalla en la siguiente tabla 1.

**Tabla 1.** Descripción del Material Genético.

<b>Material genético tolerante al estrés hídrico</b>	<b>Descripción del sustrato para la germinación de los genotipos</b>
COF 01'S'C'R Testigo Absoluto	Agua destilada
COF 01'S'C'R'1 T1	Conductividad eléctrica 36 dS/m
COF 01'S'C'R'1 T2	Conductividad eléctrica 32 dS/m
COF 01'S'C'R'1 T3	Conductividad eléctrica 27 dS/m

### 2.4. Características Física-Química del suelo utilizado para trasplante

El tipo de suelo que fue predominante en el Centro de Apoyo Manglaralto UPSE es de textura franco arcillo limoso, contiene porcentajes medios y altos de minerales; como nitrógeno, fósforo y potasio; además, CE de 0.91 ms/cm, formando parte de la categoría de suelos no salinos.

**Tabla 2.** Características químicas de la muestra de suelo utilizada en la presente investigación, Ruth (2020).

Elementos	Cantidad (u/mL)	Interpretación
Ph	7,7	Ligeramente alcalino
Nitrógeno	36	Medio
Fosforo	22	Alto
Potasio	1185	Alto
Calcio	3098	Alto
Magnesio	587	Alto
Azufre	41	Alto
Zinc	1,1	Bajo
Cobre	7,1	Alto
Hierro	21	Medio
Manganeso	4	Bajo
Boro	0,63	Medio

## 2.5. Diseño experimental

Los tratamientos en estudio fueron estadísticamente evaluados, mediante un diseño completamente al azar (DCA), en el cual, la distribución de la fuente de variación y los grados de libertad quedan detallados de la siguiente manera:

**Tabla 3.** Distribución de los grados de libertad.

DCA	
Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	4
Error	10
Total	14

## 2.6. Tratamientos

Para los tratamientos del presente estudio, se utilizó el material genético proveniente de la investigación mencionada en la tabla 2 y consistieron en cinco tratamientos, los cuales fueron sometidos a los parámetros de Capacidad de Campo (CC) y Punto de marchitez permanente (PMP), como se detalla en la tabla 4.

**Tabla 4.** Descripción de los genotipos en estudio con su respectiva característica de origen.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCION DEL SUSTRATO PROVENIENTE	PARÁMETROS
T1 (testigo absoluto)	Agua destilada	Capacidad de campo
T2	Agua destilada	Punto de marchitez permanente
T3	CE 36 dS/m (agua de mar)	Punto de marchitez permanente
T4	CE 32 dS/m (agua de mar)	Punto de marchitez permanente
T5	CE 27 dS/m (agua de mar)	Punto de marchitez permanente

## 2.7. Variables experimentales

### 2.7.1. Porcentaje de supervivencia de las plántulas

Para poder evaluar esta variable se tomaron en cuenta nueve semillas que fueron el total de repeticiones, es decir tres en cada una, a continuación, se procedió a realizar una regla de tres en donde se consideró a las nueve semillas como un cien por ciento.

### 2.7.2. Diámetro basal

Se procedió a medir el diámetro del tallo de las plántulas con un calibrador digital, a los cinco días después del trasplante, estos datos se tomaron durante un periodo de una vez por semana durante tres semanas.

### **2.7.3. Altura de plántula**

Se realizó la medición en cm, midiendo con una regla, desde el nivel del suelo hasta la base de la chapola en cada tratamiento, mediante un periodo de una vez por semana durante tres semanas.

### **2.7.4. Lectura tensiómetro**

Para esta variable se realizó una perforación en el sustrato suelo, realizando una perforación del mismo diámetro del tensiómetro e introduciéndolo a una profundidad de 15 cm desde la superficie. La lectura de los mismos fue hecha cada 2 días, en todos los tratamientos en estudio durante todo el tiempo que duro la investigación es decir tres semanas y fueron retirados únicamente al finalizar el presente estudio. Se controló que los tratamientos a CC y PMP, se mantengan bajo este parámetro mientras duro la investigación.

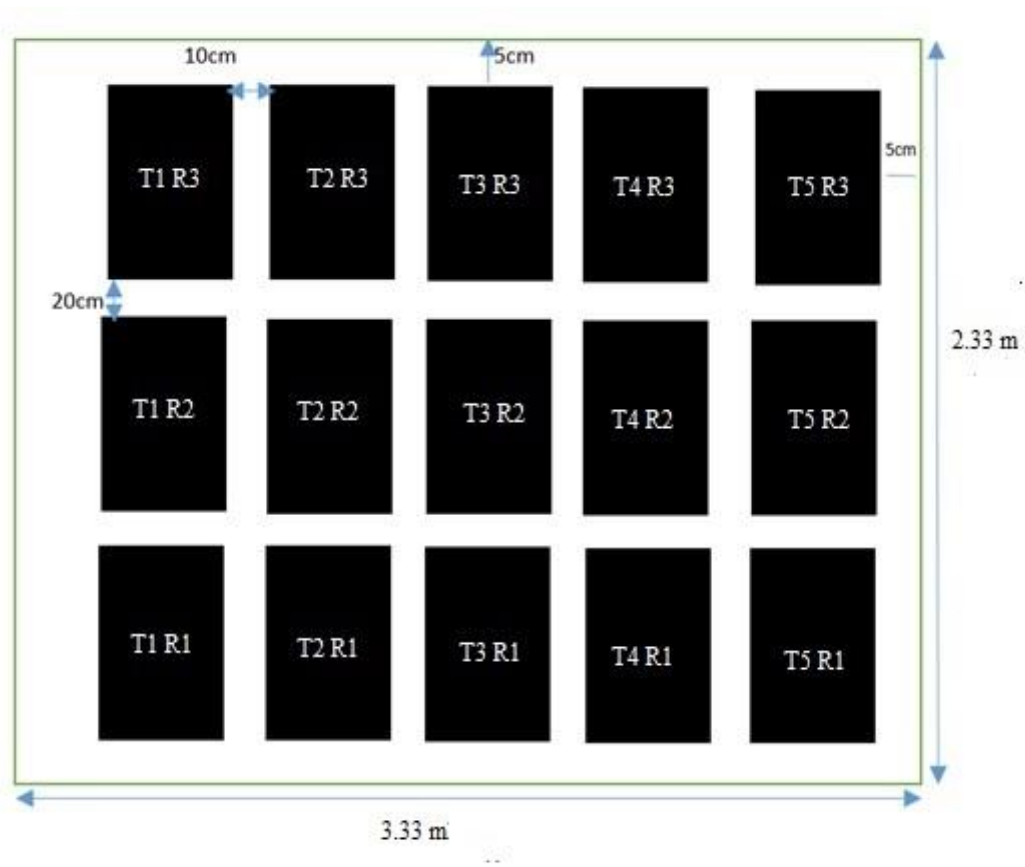
## **2.8. Manejo del experimento**

El presente experimento se realizó en condiciones controladas de invernadero del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la UPSE, el manejo fue realizó de la siguiente manera:

Una vez listas las semillas tolerantes al estrés hídrico, fueron trasplantadas a fundas plásticas negras de 40x30, las mismas que con antelación habían sido llenadas con muestras de suelo traído de la UPSE-Manglaralto.

En cada funda, se colocaron 3 semillas; a continuación, se humedeció el suelo de todas las fundas con 500ml de agua potable, quedando todas las repeticiones en estado de encharcamiento. Así, se las dejó por 24 horas para que drene el agua y queden todos los tratamientos a Capacidad de Campo (CC); a continuación, se introdujo tensiómetros a una profundidad de 15 cm en cada funda, controlando que el testigo, permaneciera a CC, durante todo el experimento, mientras los demás tratamientos permanecieron en Punto de marchitez permanente (PMP). Durante todo el tiempo que duró el experimento, es decir desde el 21 de febrero del 2020 hasta el 13 de marzo del 2020 que las plantas tuvieron 3 semanas se continuó tomando la humedad del suelo con el tensiómetro, cuidando que siempre se mantenga en un rango de 10 – 20 kPa el testigo. En lo que respecta al control de malezas, se realizó de forma manual, manteniendo a las plantas libres de ellas en cada funda.

**Figura 1.** Croquis de la distribución del Área experimental.



### 2.8.1. Especificaciones técnicas del diseño experimental

Diseño experimental: DCA

Tratamientos: 5

Repeticiones: 3

Número de unidades experimentales: 15

Número de plantas por unidad experimental: 3

Número de plantas por repetición: 9

Número de plantas por experimento 45

Distancia entre hilera: 20 cm

Distancia entre maceta: 10 cm

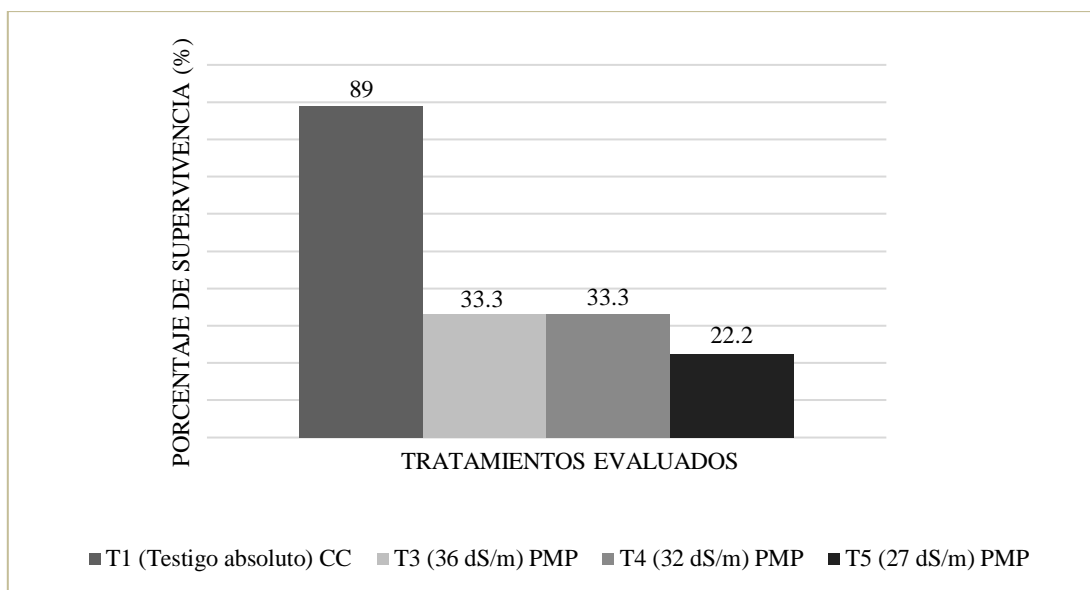
Altura de la maceta: 40 cm

Área total del ensayo: 7,76 m<sup>2</sup>

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Porcentaje de supervivencia de las plántulas

Una vez trasplantados los materiales de café robusta, se procedió a evaluarlos durante su desarrollo hasta llegar a chapola bajo los parámetros de Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP), cuyos resultados se detallan a continuación: En la Figura 2, se puede observar a todos los tratamientos en estudio de los cuales el testigo absoluto T1 fue el de mayor porcentaje de crecimiento de plántulas con el 89%, bajo condiciones de CC, mientras que T2 bajo el parámetro de PMP, no logró la supervivencia de las plántulas. Respecto a los tratamientos T3 (36 dS/m) y T4 (32 dS/m) sometidos a PMP presentaron el 33% de supervivencia; seguido, del T5 (27 dS/m) que obtuvo un porcentaje de supervivencia de 22%. Los resultados obtenidos en T3 y T4 demostraron que los genotipos son tolerantes al estrés hídrico por el porcentaje de germinación obtenido.



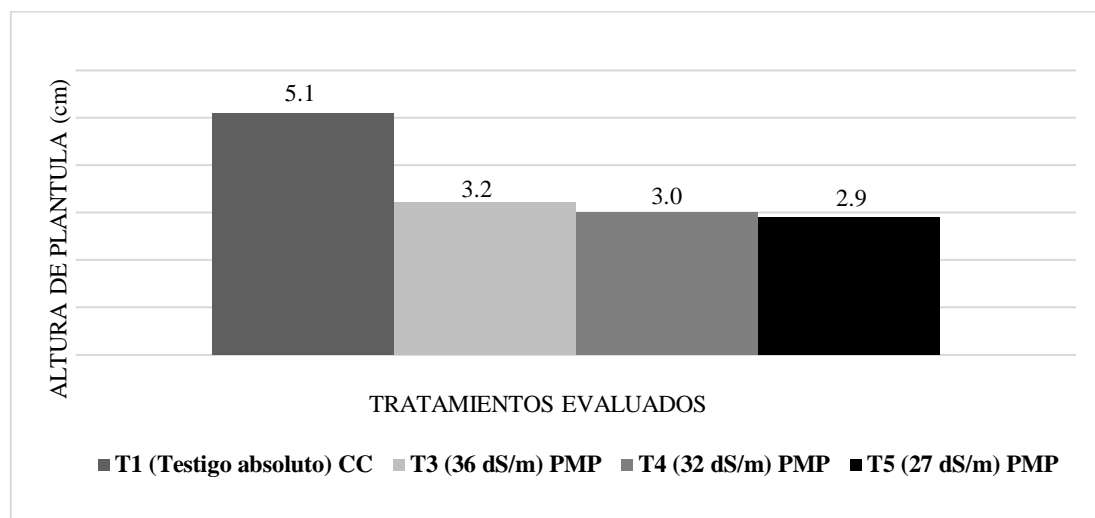
**Figura 2.** Porcentaje de supervivencia de las plántulas

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ojeda et al.,(2014), quien indica que cuando sometió plántulas de albahaca a CC y PMP (1.50 MPa estrés severo), observo una disminución en el porcentaje de emergencia en los tratamientos sometidos de PMP, donde la variedad *Italian Large Leaf* fue la de menor emergencia con 32.1%, mientras que Sweet Dani fue la que mostro el mayor porcentaje de emergencia con 90% sometida a CC.



### 3.2. Altura de planta

En cuanto al crecimiento en la figura 3, se puede observar el efecto de los parámetros hídricos CC y PMP a los que estuvieron sometidos los tratamientos de café.



**Figura 3.** Altura promedio de plántulas de café robusta en la tercera semana de evaluación.

En donde se registró que las mejores alturas de plantas se obtuvieron en el testigo absoluto T1 con una media de 5.1 cm de altura, frente al parámetro CC, mientras que los otros tratamientos T3 (36 dS/m), T4 (32 dS/m) y T5 (27 dS/m), bajo PMP, obtuvieron medias de 3.2; 3,0 y 2.9 cm de altura respectivamente, fueron los de menor crecimiento.

Al respecto, Rodríguez et al., (2020) observó diferencias en la altura de las plantas de tomate a los 75 dds, en el cual estuvieron sometidos a CC (100 y 75% del agua de riego) y PMP (10% del agua del riego), teniendo como resultado el de mayor altura el T1 con 77,9 cm y T2 con 73 cm, sometidos a CC, y el más afectado en el crecimiento fue el T8 con 51 cm sometido a PMP.

Lo manifestado por el autor antes mencionado, tiene similitud con el presente estudio debido a que la altura de la plántula detuvo su crecimiento cuando el tensiómetro llegó a 65 cb durante el parámetro de PMP.

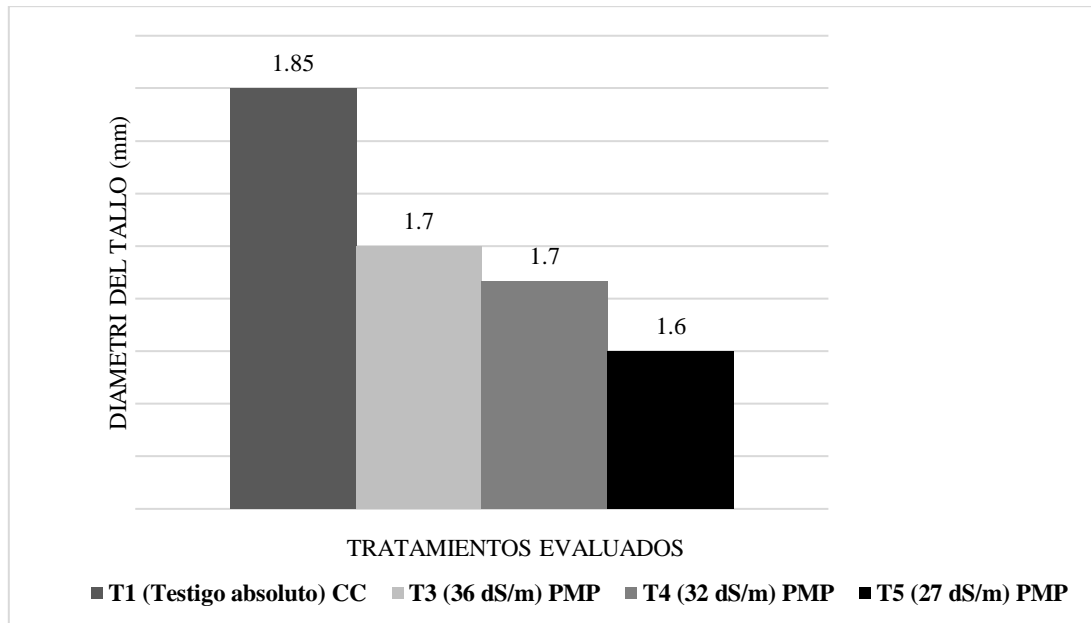
**Tabla 5.** ANDEVA realizada a la altura del tallo.

<b>F. V</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	8,70	5	1,74	27,83	0,1429
Tratamientos	6,71	3	2,24	35,80	0,1221
Error	0,06	1	0,06		
Total	8,76	6			

$p > 0.05$ : no existe diferencias significativas:  $p < 0.05$ : existe diferencias significativas

### 3.3. Diámetro de tallo

En la figura 4, se puede observar los resultados de la variable diámetro del tallo que se describen a continuación.



**Figura 4.** Diámetro del tallo a la tercera semana de la evaluación de los tratamientos.

En lo que respecta a esta variable, se puede notar que los tratamientos tolerantes al estrés hídrico, que estuvieron bajo el parámetro de PMP, fueron similares al testigo absoluto con valores promedios de 1,7 mm para T3 (36 dS/m), T4 (32 dS/m) y 1,6 mm para T5 (27 dS/m), mientras que T1 (Testigo) presento un valor de 1.85 mm bajo el parámetro de CC, marcando una diferencia de 0.1 mm frente a los tratamientos bajos estrés hídrico.

Resultados similares a lo antes indicado, reporto Quintana et al., (2017), cuando estudiaron cinco genotipos de *Coffea canephora P.var. Robusta*, estase encontraban en un estado fenológico de dos pares de ramas plaguiotrópicas, y fueron sometidas a CC y PMP (-2.0 MPa), en donde los genotipos sometidos a PMP fueron los de menor diámetro con 5.0 mm mientras que el de mayor diámetro fue el genotipo de CC con un diámetro de 6.5 mm.

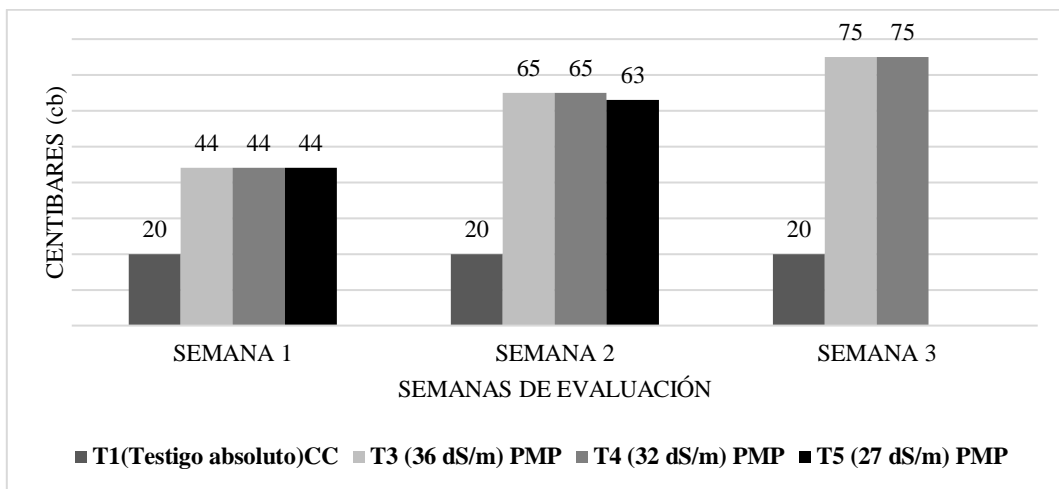
**Tabla 6.** ANDEVA realizada al diámetro del tallo.

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,12	5	0,02	3,35	0,3918
Tratamientos	0,11	3	0,04	5,49	0,3016
Error	0,01	1	0,01		
Total	0,12	6			

**p >0.05:** no existe diferencias significativas: **p<0.05:** existe diferencias significativas.

### 3.4. Lectura del tensiómetro

En la figura 5, se muestra la lectura del tensiómetro durante c semanas de evaluación del experimento



**Figura 5.** Lectura del tensiómetro en cuatro tratamientos sometidos a CC y PMP durante 3 semanas del ensayo.

En la figura 5, se puede observar que el testigo absoluto (T1) permaneció a CC es decir a 20 cb durante las 3 semanas del experimento, mientras que T3, T4 y T5 fueron sometidos a PMP, el comportamiento de las plántulas de café mostraron un límite de disponibilidad de agua, así tenemos que T5 empezó a tener síntomas de estrés hídrico en la semana 2, donde el tensiómetro marco 63 cb, mientras que T3 y T4 en la misma semana cuando el tensiómetro marco 65 cb, demostraron su tolerancia al estrés hídrico por la turgencia que se evidencio en ese momento. A partir de la tercera semana el tensiómetro marco una lectura de 75 cb y los tratamientos T3 y T4 continuaron resistiendo el estrés hídrico porque sus hojas mostraron un color verdoso y algo flácidas a diferencia del T5 que presentó una marchitez permanente.

Resultados similares obtuvieron Castaño et al., (2012), cuando en un ensayo llevado por ellos, midieron la humedad del suelo para saber en qué momento llegaban las

plántulas a punto de marchitez permanente, para lo cual sembraron semillas de girasol enano y al alcanzar una altura de 10 cm, suspendió el suministro de agua. realizó la observación semanal del vigor de las plantas; en donde observo que a las dos semanas mostraron síntomas de sequía, alcanzando el punto de marchitez permanente (70 cb). Mismo autor indica que, en las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde, principalmente, por evaporación directa del suelo, pero cuando el cultivo desarrolla y este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal. Así mismo, Macana (2006), menciona que en artículo sobre estrés hídrico de las plantas en general, que hay algunas que no tienen resistencia al estrés hídrico, mientras que otras plantas poseen estrategias a nivel fisiológico por su resistencia genética para soportar la sequía, situación similar se dio en los tratamientos T3 y T4, del presente estudio, a diferencia del T5 que no soporto los niveles de estrés hídrico en la última semana de evaluación.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### ***Conclusiones***

- Los genotipos que sobrevivieron al estrés hídrico hasta la tercera semana de la evaluación (21 días) fueron los tratamientos T3 y T4 por haber alcanzado alturas de 3 cm, diámetro del tallo de 1.7 mm y un porcentaje de emergencia de 33% hasta el estado de chapola.
- Los tratamientos T3 y T4 toleraron el estrés hídrico cuando fueron sometidos al parámetro PMP alcanzado 75 cb.

### ***Recomendaciones***

- Realizar nuevas investigaciones a campo abierto con las semillas de los genotipos seleccionados que toleraron al estrés hídrico.
- Continuar y ampliar las investigaciones sobre el comportamiento agronómico con los materiales seleccionados en las diferentes de producción de la provincia de Santa Elena a través de propagación vegetativa.
- Realizar análisis moleculares de los genotipos estudiados para comprobar si el agua de mar fue capaz de modificar la genética de los materiales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, M., Melgarejo, L. & Romero, M., 2010. Experimentos en Fisiología Vegetal. Primera ed. Bogotá: Goth's Imágenes Taller.

Agustí, M., 2003. Citricultura. Madrid: Mundi-Prensa.

Almenares, G., Pérez, M. & Fajardo, D., 2010. Aspersiones de urea foliar durante el período de inducción incrementan la floración en naranjos Valencia Late [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] en la región oriental de Cuba. *CITRIFRUT*, pp. 7-8.

Ana Odetth Quintana-Escobar, 2017. Caracterización de genotipos élite de *coffea canephora* por su tolerancia a la sequía. *Agronomía mesoamericana*, Volumen 28il, pp. 183-198.

Arias, S. & López, 2007. Manual para la inducción floral (forzamiento) en piña.

Ariza Flores, 2015. Fitohormonas y bioestimulantes para la floración, producción y calidad de lima mexicana de invierno. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, pp. 1653-1666.

Busso, C., 2018. Botánica experimental. revista de botánica experimental fundación romulo raggio germinación de cuatropastos bajo condiciones de estrés salino, Volumen 87, p. 2.

Carlos Michel Ojeda- Silvera, 2014. Emergencia y crecimiento de plantulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sometidas a estrés hídrico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(5), pp. 151-161.

Cedeño, D., 2012. Los suelos de la Península son propensos a la salinidad. *EL UNIVERSO*, p. 2.

Cimat, 2016. *Café genéticamente modificado*.

Contreras, B., 2015. Efecto del secado parcial de la raíz del limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) en la tasa de fotosíntesis y la eficiencia del uso del agua.

Contreras, R., 2013. Hormonas vegetales: Citoquininas.

Cortéz, S. S., 2012. Prevalidación de conductividad eléctrica.

DANE, 2015. Cultivo del limón o lima Tahití (*Citrus latifolia Tanaka*) frente a los efectos de las condiciones climáticas adversas. *Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria*, p. 2.

Dos Santos, A., 2012. Inducción Floral y Latencia de las Yemas de Olivo (*Olea europaea* L.), Córdoba: s.n.

- Fernando Valladares, 2004. Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía , Madrid: s.n.
- Ferraté, R. & Salazar, L., 2014. Evaluación de la efectividad en la aplicación de Ácido Giberélico en la inhibición de la floración y Etephon en la inhibición de la fructificación de Limón Tahití (*Citrus aurantifolia*).
- Frederico, D., 2015. Ciclo de crecimiento de brotes del cafetal. s.l.:s.n.
- Gaete, M., 2007. evaluación de distintas fechas de rayado para el control de la floración en clementinos (*Citrus clementina Blanco*) cv. CLEMENULES. *Prontus\_unidacad*, p. 14.
- García, A., 2003. Mar, nutrición orgánica para humanos y plantas en la actualidad.
- Garrintón, D., 2013. científicos demuestran que puede ser utilizada el agua de mar para cultivar. puede ser utilizada el agua de mar para cultivar.
- Gómez, G., Caicedo, Á. & Gil, L., 2015. Tecnología para el Cultivo de Cítricos en la región Caribe Colombiana. En: Suelo. Primera ed. Bogotá: Promumedios, p. 28.
- González, A., 2004. Manual elemental de citricultura para productores del Estado de Veracruz.
- González, S. M., 2010. Origen, Desarrollo y crisis de la agroindustria del limón en Colima. Mexico: Universidad de Colima.
- Gustavo, A., 2015. El cultivo de cítricos en Bolivia.
- Herrera I, S., 2000. Manual del cultivo de café. En: INIAP, ed. Quevedo, Ecuador: p. 4.
- ICA, H., 2016. Reguladores de crecimiento.
- Intagri, 2017. Bioestimulación de la floración en Cultivos Hortofrutícolas y frutales, café..
- Jaramillo, Á., 2006. Desarrollo floral del cultivo de café con la condiciones climáticas.
- Jardín, P. &., 2012. *Citrus aurantifolia*, el árbol del fruto de la lima.
- Jesús Rodríguez-Cabello, 2020. Estudio hidrosostenible en el cultivo del tomate, su efecto en el rendimiento y calidad del fruto. Ediciones INCA, 41(2), p. 06.
- Jorge Parés, C. B., 2013. Efecto del cloruro de sodio sobre el crecimiento y estado nutricional de la papaya. *Bioagro*, 25(2), p. 116.
- Juan Carlos valverde Otárola, 2020. Efectos del estrés hídrico en crecimiento y desarrollo fisiológico de *Gliricidia sepium* (Jacq) Kunth ex Walp. *Colombia Forestal*, 23(1), p. 34.
- León, J., 2000. Botánica de los cultivos tropicales. En: s.l.: ( 3 edición). Costa Rica: IICA..

- Lerzundi, A., 2012. Efecto de nitrato de potasio, podas y anillado en la inducción floral de limón sutil (*Citrus aurantifolia* swing) en Sahuayaco-La Convención., Quillabamba-La Convención - Cusco : s.n.
- Macana, Y. A. M., 2006. Evaluación del punto de marchitez permanente bajo condiciones de invernadero como variable para la asignación de clones de gmelina arborea (*roxb*) a sitios potenciales de plantación., Bogotá, D.C.: s.n.
- Marassi, M., 2007. Hormonas Vegetales.
- Martínez, F., 2015. Fundación Acuamaris descubre el potencial del agua de mar.. s.l., s.n.
- Moreno, L. P., 2009. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico., Bogotá: s.n.
- Orduz-Rodríguez, 2012. Alternate bearing and phenology of 'Valencia' orange (*Citrus sinensis* Osbeck) in the lowland wet tropics of Colombia. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, pp. 136-144.
- Orozco, G., 2014. Aplicación de cuatro reguladores vegetales, en la potencialidad productiva del limón sutil en la cooperativa los Guayacanes, cantón Arenillas, Machala: s.n.
- Orrala Borbor Néstor, S. E. S. V. W., 2013. Caracterización genotípica de 33 clones de café robusta (*Coffea canephora*) en la comuna Rio Verde, cantón Santa Elena, La libertad: La libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015.
- Phillips, R. y otros, 2015. El limon criollo en Florida. Tropical fruit, p. 1.
- Quimí, 2018. estudio de factibilidad para la producción de café robusta (*coffea canephora*) en la comuna san rafael, provincia de santa elena, la libertad: s.n.
- R.J. Henny & J. Chen, 2011. El uso de ácido giberélico y Etefón para inducir flores tropicales en las plantas de follaje.
- Regalado, 2009. Acta Oceanográfica del pacífico. Características de precipitaciones, la temperatura y de los vientos en la Costa Ecuatoriana.. s.l., s.n.
- Reyes, M. J., 2014. Manejo de café robusta en la zona amazónica.. 27 ed. Amazonía: INIAP.
- Ruth, S. S., 2020. reacción de 44 líneas f5 de arroz (*oryza sp*), a la calidad de agua de riego en la zona de manglaralto., La Libertad - Santa Elena: s.n.
- Santistevan Méndez, 2017. Comportamiento del cultivo del limón (*Citrus aurantifolia Swingle*) en " fincas tipo" en Santa Elena, Ecuador. Idesia (*Arica*), pp. 1-5.
- Silva, 2012. Un café, modelo de agroecosistemas, s.l.: 248: 203-214..

Silvera, 2015. Efecto de un producto bioactivo compuesto por oligogalacturónidos como mitigador del estrés hídrico en variedades de albahaca, La paz baja california sur: s.n.

Suárez, 2019. Comportamiento espacial y temporal de la salinidad de suelos y aguas del centro de apoyo manglaralto upse, La Libertad: s.n.

Tierra Tingo, 2012. Evaluación de Diferentes Niveles de Fitohormonas (Citoquininas, Giberalinas, Etileno) en la Producción de Forraje y Semillas de la *Poa palustris* (*Pastopoa*) (*Bachelor's thesis*).

Tomalá Flores, 2012. Caracterización fenotípica de 23 clones de café robusta *Coffea canephora* P., en la parroquia Manglaralto, cantón Santa Elena, La Libertad: La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena cantón La Libertad.

Vegas, U. & Narrea, M., 2011. Manejo Integrado del Cultivo de Limon. Piura, s.n., p. 6.

Victor Hugo Ramírez, A. J. A., 2010. Indices para evaluar el estado hídrico de los cafetales. *Ceni Cafe*, III(2), p. 66.



## ANEXOS



**Figura. 1A** Preparación del suelo.



**Figura. 2A** Trasplante de semillas germinadas en diferentes concentraciones de agua de mar.



**Figura. 3A** Tratamientos tolerantes al estrés hídrico.



**Figura. 4A** Control de maleza.





**Figura. 5A** Preparación del Tensiómetro.



**Figura. 6A** Supervisión del ensayo por el tutor académico.





**Figura. 7A** Plántula del Tratamiento 3 expresando PMP con una lectura de 65 cb.



**Figura. 8A** Plántula del Tratamiento 4 expresando PMP con una lectura de 65 cb.





**Figura. 9A** Plántula del Tratamiento 5 expresando PMP con una lectura de 65 cb.

T1 (testigo absoluto) CC		26/2/2020	4/3/2020	13/3/2020
	Planta 1	2,6	3,4	6,1
	Planta 2	2,6	3,4	6,1
	Planta 3	2,5	3,3	5,6
	Planta 4	2,4	3,2	5,8
	Planta 5	2,3	3	5,2
	Planta 6		2,2	4,1
	Planta 7		2,2	3,9
	Planta 8		2,1	4
	Planta 9			
T2 (testigo absoluto) PMP		26/2/2020	4/3/2020	21/3/2020
	Planta 1	2,6	0	0
	Planta 2	2,6	0	0
	Planta 3	2,5	0	0
	Planta 4	2,4	0	0
	Planta 5			
	Planta 6			
	Planta 7			
	Planta 8			
	Planta 9			
T3 (36 dS/m) PMP		26/2/2020	4/3/2020	21/3/2020
	Planta 1	2,6	3,2	3,3
	Planta 2	2,6	3,2	3,2
	Planta 3	2,5	3	3,1
	Planta 4			
	Planta 5			
	Planta 6			
	Planta 7			
	Planta 8			
	Planta 9			
T4 (32 dS/m) PMP		26/2/2020	4/3/2020	21/3/2020
	Planta 1	2,5	3	3,2
	Planta 2	2,5	2,9	3,1
	Planta 3	2,4	2,7	2,7
	Planta 4			
	Planta 5			
	Planta 6			
	Planta 7			
	Planta 8			
	Planta 9			
T5 (27dS/m) PMP		26/2/2020	4/3/2020	21/3/2020
	Planta 1	2,7	3	3,1
	Planta 2			
	Planta 3			

Planta 4	2,5	2,7	2,7
Planta 5			
Planta 6			
Planta 7			
Planta 8			
Planta 9			

**Tabla. 1A** Datos de la altura de la planta.

		26/2/2020	4/3/2020	13/3/2020
T1 TESTIGO ABSOLUTO	Planta 1	1,7	1,8	2
	Planta 2	1,7	1,8	2
	Planta 3	1,5	1,6	1,9
	Planta 4	1,6	1,7	1,9
	Planta 5	1,6	1,7	1,9
	Planta 6		1,5	1,7
	Planta 7		1,5	1,7
	Planta 8		1,4	1,7
	Planta 9			
	T2 PMP		26/2/2020	4/3/2020
Planta 1		1,7		
Planta 2		1,6		
Planta 3		1,6		
Planta 4		1,5		
Planta 5				
Planta 6				
Planta 7				
Planta 8				
Planta 9				
T3 PMP		26/2/2020	4/3/2020	21/3/2020
	Planta 1	1,6	1,7	1,7
	Planta 2	1,6	1,7	1,7
	Planta 3	1,6	1,7	1,7
	Planta 4			
	Planta 5			
	Planta 6			
	Planta 7			
	Planta 8			
	Planta 9			
T4 PMP		26/2/2020	4/3/2020	21/3/2020
	Planta 1	1,6	1,7	1,7
	Planta 2	1,5	1,6	1,6
	Planta 3	1,6	1,7	1,7
	Planta 4			
	Planta 5			

	Planta 6			
	Planta 7			
	Planta 8			
	Planta 9			
T5 PMP (Conductividad electrica baja) 50%		26/2/2020	4/3/2020	21/3/2020
	Planta 1	1,5	1,6	1,6
	Planta 2			
	Planta 3			
	Planta 4	1,5	1,6	1,6
	Planta 5			
	Planta 6			
	Planta 7			
	Planta 8			
	Planta 9			

**Tabla. 2A** Datos del diámetro de la planta.

PARAMETROS	Semana 1	Semana 2	Semana 3
CAPACIDAD DE CAMPO (T1)	20	20	20
PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE (T2, T3, T4, T5)	44	63	75

**Tabla. 3A** Lectura del tensiómetro (KPa)