



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

TEMA:

**“PARÁMETROS HÍDRICOS Y FLUCTUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN
DEL LIMÓN [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] BAJO DISTINTAS
LÁMINAS DE RIEGO”.**

AUTORES:

MACÍAS ZAMBRANO ANDERSON FERNANDO

MOREIRA MOROCHO DARIO ALEXIS

DIRECTORA:

ING. CELI SOTO ADRIANA DEL CARMEN Mg. Sc.

SANTA ANA – MANABÍ – ECUADOR

2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

TEMA:

**“PARÁMETROS HÍDRICOS Y FLUCTUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN
DEL LIMÓN [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] BAJO DISTINTAS
LÁMINAS DE RIEGO”.**

AUTORES:

MACÍAS ZAMBRANO ANDERSON FERNANDO

MOREIRA MOROCHO DARIO ALEXIS

DIRECTORA:

ING. CELI SOTO ADRIANA DEL CARMEN Mg. Sc.

SANTA ANA – MANABÍ – ECUADOR

2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TEMA:

“Parámetros hídricos y fluctuación de la producción del limón sutil [*Citrus aurantifolia*
(Christm.) Swingle] bajo distintas láminas de riego”.

TRABAJO DE TITULACIÓN:

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

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

Ing. Jessenia Castro Olaya PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Marina García de Almeida PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Rolando León Aguilar PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CERTIFICACIÓN:

Ing. **CELI SOTO ADRIANA DEL CARMEN** Mg. Sc. Docente de la Universidad Técnica de
Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica

CERTIFICO:

Que el trabajo de titulación: **“Parámetros hídricos y fluctuación de la producción del limón
sutil [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] bajo distintas láminas de riego”**, es trabajo
original de los egresados Macías Zambrano Anderson Fernando y Moreira Morocho Alexis
Darío, el cual fue realizado bajo mi tutoría.

Ing. Adriana del Carmen Celi Soto Mg. Sc.

DIRECTORA DE TITULACIÓN

CERTIFICACIÓN:

Ing. **CEDENÑO GARCIA GEORGE ALEXANDER** Dr. Sc. Docente de la Facultad de
Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí.

CERTIFICO:

Que he revisado, estilo y ortografía del trabajo de titulación: **“Parámetros hídricos y fluctuación de la producción del limón sutil [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] bajo distintas láminas de riego”**, de los egresados Macías Zambrano Anderson Fernando y Moreira Morocho Alexis Darío, el presente trabajo de investigación ha sido escrito de acuerdo a las normas ortográficas y sintaxis vigentes en el REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.

Ing. Cedeño Garcia George Alexander Dr. Sc.
REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN

MACÍAS ZAMBRANO ANDERSON FERNANDO y MOREIRA MOROCHO DARÍO ALEXIS, declaramos bajo juramento que el trabajo descrito es de nuestra autoría, no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la siguiente declaración de este trabajo investigativo es de sumo derecho de propiedad intelectual de los autores.

Macías Zambrano Anderson Fernando

Moreira Morocho Alexis Darío

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada a quienes con esmero me brindaron su apoyo incondicional.

A Dios: Por darme fuerza y sabiduría para no desfallecer

A mi abuela: Alcívar Loor María

A mi madre: Zambrano Alcívar Mónica

A mis hermanos: Kevin David y Nixon Javier Salazar Zambrano

A mis ti@s

A mis prim@s y amig@s

Macías Zambrano Anderson Fernando

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, dándome fortaleza para continuar. Ha sido el todopoderoso quien ha permitido que la sabiduría dirija y emprenda mis estudios y termine a cabalidad.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se concluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. Los amo con mi vida

Moreira Morocho Darío Alexis

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme fortaleza y sabiduría para concluir con esta etapa universitaria.

A la Universidad Técnica de Manabí en especial a la Facultad de Ingeniería Agronómica, a su personal docente y administrativo.

A l@s docentes:

Ing. Adriana Celi Soto Mg. Sc.

Ing. George Cedeño Garcia Dr. Sc.

A l@s Señor@s:

Sr. Wacho Montes

Srta. Dennisse Toala

Macías Zambrano Anderson Fernando

AGRADECIMIENTO

A DIOS

Gracias por darme la vida, y por ponerme en mi vida a personas maravillosas.

Gracias por haberme dado la suficiente fuerza y sabiduría para poder llegar a la final de la carrera, por proveerme de todo lo necesario para salir adelante.

A MIS PADRES

Mi Padre Walter Moreira, por apoyarme siempre, y estar junto a mi cuando más lo necesito y a mi madre Alexandra Morocho, por ser la mejor madre del mundo y por desempeñar muy bien su rol.

A MIS HERMANOS

Jessenia, Diego, Anthony y Mathias por brindarme siempre su amor, cariño y comprensión.

A MIS ABUELITOS

Luis y Rosita por su cariño tan especial, y su confianza de siempre.

Moreira Morocho Darío Alexis

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES	3
III.	JUSTIFICACIÓN.....	4
IV.	OBJETIVOS.....	5
4. 1.	Objetivo general.....	5
4. 2.	Objetivos específicos	5
V.	MARCO REFERENCIAL	6
5. 1.	Generalidades del limón sutil.....	6
5. 2.	Factores que influyen en la producción de los cítricos	6
5. 3.	Estrés hídrico	6
5. 4.	Mecanismos de defensa de la planta frente a estrés.....	7
5. 5.	Potencial hídrico	8
5. 6.	Factores que limitan los principales estadios fenológicos	9
5. 7.	Factores que promueven la floración.....	9
5. 8.	Evapotranspiración en el cultivo de limón.....	10
VI.	MATERIAL Y MÉTODOS	11
6. 1.	Localización y descripción del ensayo.	11
6. 2.	Características agroclimáticas.....	11
6. 3.	Descripción del riego.	12
6. 3. 1.	Balance hídrico	13
6. 3. 2.	Volumen de agua	14
6. 3. 3.	Tiempo de aplicación del volumen de agua.....	15
6. 4.	Diseño experimental.	15

6. 5. Conducción del ensayo	16
6. 6. Variables analizadas.....	16
6. 6. 1. Parámetros hídricos (potencial hídrico y conductancia estomática).....	16
6. 6. 2. Crecimiento del fruto.	17
6. 6. 3. Variables de Calidad de la fruta y rendimiento.	18
6. 6. 3. 1. Peso de los frutos	18
6. 6. 3. 2. Diámetro y firmeza de frutos (polar y ecuatorial)	19
6. 6. 3. 3. Peso de cáscara, peso de pulpa y contenido de jugo.....	19
6. 6. 4. Caracteres internos del fruto	19
6. 6. 4. 1. Contenido de sólidos solubles (Grados Brix) del zumo de limón y pH.....	19
6. 6. 4. 2. Acidez titulable	19
6. 6. 5. Rendimiento.....	20
6. 7. Análisis estadístico.....	20
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
7. 1. Relación agua-planta.....	21
7. 1. 1. Conductancia estomática (g _s).....	21
7. 1. 2. Potencial hídrico xilemático (Ψ_{tallo})	22
7. 2. Crecimiento del fruto (cm).....	24
7. 3. Calidad de fruto y rendimiento.	27
VIII. CONCLUSIONES	33
IX. RECOMENDACIONES.....	34
X. BIBLIOGRAFÍA	35
XI. ANEXO	44

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Descripción de tratamientos.....	14
Tabla 2. Escala BBCH de los Agrios	17
Tabla 3. Valores promedios para diámetros polar y ecuatorial, firmeza ecuatorial y peso de fruta del limón sutil (<i>Citrus aurantifolia</i> Swingle).....	28
Tabla 4. Valores promedios para peso de cascara, peso de pulpa, contenido de jugo y número de semillas del limón sutil (<i>Citrus aurantifolia</i> Swingle).	30
Tabla 5. Valores promedios grados brix, acidez titulable, pH y rendimiento del limón sutil (<i>Citrus aurantifolia</i> Swingle).....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Precipitación registrada desde julio 2018 a mayo 2019. Estación Agro Meteorológica del INAMHI, en Lodana, Santa Ana, Manabí, Ecuador.	12
Figura 2. Efecto de la conductancia estomática (g_s), durante las épocas seca y lluviosa..	22
Figura 3. Potencial hídrico (Ψ tallo) medido al medio día; durante las épocas seca y lluviosa..	23
Figura 4. Promedio del diámetro del fruto en las épocas seca y lluviosa.	25
Figura 5. Variación del diámetro polar con el tiempo en la época seca.	26
Figura 6. Variación del diámetro polar con el tiempo en la época lluviosa.	26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Medición de la profundidad de las raíces efectiva del árbol de limón sutil (<i>Citrus aurantifolia</i> Swingle).....	44
Anexo 2: Medición de la metodología de la botella Marriotte	44
Anexo 3: Instalación del Sistema de riego por goteo	44
Anexo 4: Medición mediante la bomba Scholander.....	45
Anexo 5: Medición mediante el porómetro	45
Anexo 6: Selección y mediciones de primordios florales	45
Anexo 7: Evaluación de frutos marcados	46
Anexo 8: Extracción de muestra de suelo con ayuda de un barreno	46
Anexo 9: Cosecha del limón sutil (<i>Citrus aurantifolia</i> Swingle).....	46
Anexo 10: Datos de variables del limón sutil (<i>Citrus aurantifolia</i> Swingle) en laboratorio	47
Anexo 11: Sacando porcentaje de ácido cítrico y acidez pH.....	47

RESUMEN

La citricultura en Ecuador se ha desarrollado con fines de exportación y consumo de fruta fresca, A este grupo pertenece el limón sutil, siendo la variedad más cultivada en la provincia y región, razón por la que Manabí se consagra como una de las provincias mayormente productoras de este cítrico. El ensayo se llevó a cabo en un huerto experimental de 15 años de edad ubicado en el sitio de Maconta perteneciente a la parroquia Colon, se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con 4 tratamientos más el control y 4 repeticiones/tratamiento y 6 árboles/tratamientos, los tratamientos se establecieron en función al coeficiente de cultivo (k_c), determinados de la siguiente manera: $T1=k_c 0,3$; $T2=k_c 0,5$; $T3=k_c 0,7$; $T4=k_c 0,9$ c. El objetivo del trabajo versa en evaluar la incidencia de distintas láminas de riego sobre los parámetros hídricos y la fluctuación de la producción del limón sutil [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle]. Los resultados mostraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$), en lo que se refiere a parámetros hídricos es el T3 el que presenta potenciales bajos (Ψ_{tallo}) -1.08 MPa así como también una conductancia estomática (g_s) 371.49 mmol/m²s⁻¹ respectivamente en las dos épocas seca y lluviosa, mientras que en crecimiento de fruto el T2 es uniforme con un promedio de 4.15 cm en ambas épocas, se determinó rendimiento expresado en kg/ha, siendo el T2 con mayor rendimiento con 9695,86 kg/ha, en calidad de fruto, el tratamiento control que es riego convencional obtuvo mayores promedios con: peso de frutos 45.93 g, peso de pulpa con 38.77 g, Firmeza ecuatorial 6.06 kg/cm y contenido de jugo 17.32 ml, el T2 es de mejor promedio en: calibre polar 4.82 cm, calibre ecuatorial 4.67 cm, números de semillas 5.94 y grados brix 8.1, el T3 fue el de menor peso de cáscara 6.83 g, el T1 fue el que mayor acides titulable obtuvo 6.94 y por último el T4 fue el que menor pH obtuvo con 2.14.

Palabras claves: parámetros hídricos, fenología, calidad de fruta, conductancia estomática.

SUMMARY

Citrus farming in Ecuador has been developed for export and consumption of fresh fruit, to this group belongs the subtle lemon, being the most cultivated variety in the province and region, which is why Manabí is enshrined as one of the provinces mostly producing this citrus. The trial was carried out in a 15-year-old experimental garden located at the Maconta site belonging to the Colon parish, a Randomized Complete Block Design (DBCA) was used, with 4 treatments plus control and 4 repetitions / treatment and 6 trees / treatments, the treatments were established based on the crop coefficient (k_c), determined as follows: T1= k_c 0,3; T2= k_c 0,5; T3= k_c 0,7; T4= k_c 0,9 and Control = conventional irrigation. The objective of the work is to evaluate the incidence of different irrigation sheets on water parameters and the fluctuation of subtle lemon production [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle]. The results showed significant differences ($P \leq 0.05$), in terms of water parameters, it is T3 that has low potential (Ψ_{tallo}) -1.08 MPa as well as stomatal conductance, (g_s) 371.49 mmol / m-2s-1 respectively in both dry and rainy seasons, while in fruit growth the T2 is uniform with an average of 4.15 cm in both seasons, yield expressed in kg / ha was determined, being the T2 with the highest yield with 9695.86 kg / ha, as fruit, the control treatment that is conventional irrigation obtained greater averages with: weight of fruits 45.93 g, weight of pulp with 38.77 g, equatorial firmness 6.06 kg / cm and juice content 17.32 ml, the T2 is of better average in: polar caliber 4.82 cm, 4.67 cm equatorial caliber, 5.94 seed numbers and 8.1 brix degrees, the T3 was the one with the lowest 6.83 g shell weight, the T1 was the one with the highest titres obtained 6.94 and finally the T4 was the one with the lowest pH with 2.14.

Keywords: water parameters, phenology, fruit quality, stomatic conductance.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de los frutales, los cítricos se convierten en las frutas de mayor comercialización y de consumo a nivel mundial. De acuerdo a las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, 2017), los principales países exportadores de cítricos en el mundo son; España, México, India, Brasil, Argentina, Estados Unidos y Sudáfrica. Dentro de los cítricos las limas y limones ocupan el tercer lugar con un amplio mercado, siendo así los países de mayor producción, India con 2'835.020 t, México 2'205.079 t, Brasil 1'101.799 t, España 1'090.709 t y Estados Unidos 747.520 t (FAO, 2017).

La citricultura en el Ecuador se ha desarrollado con fines de exportación y consumo de fruta fresca (Panchana, 2015). En Ecuador se plantan dos variedades como lima Tahiti y limón sutil; siendo la variedad sutil la especie más cultivada. Las provincias con mayor producción son: Pichincha, Guayas y Manabí (Santistevan *et al*, 2017).

Manabí es una de las principales provincias en cultivar el limón sutil, la producción es de consumo local y nacional (García, 2014). Según el Sistema de Información Agropecuaria (SIPA, 2018), existe un área de 4.619 hectáreas cultivada, con una producción de 24.144 toneladas, siendo Manabí y El Oro las principales productoras. La provincia de Manabí tiene una producción de 12.074 toneladas en una extensión de 2.256 hectáreas sembradas.

Dentro del cultivo de limón, uno de los factores que influyen en la calidad y producción, es el riego, debido que todas las funciones metabólicas de la planta, dependen del agua, por lo que es indispensable el aprovechamiento del riego en el cultivo para poder minimizar los riesgos de desórdenes fisiológicos que se desarrollan por el exceso de humedad (Robles, 2017). Además, el agua ya sea por déficit o por exceso puede causar estrés perjudicando la producción y calidad del fruto (Vegas y Narrea 2011).

Uno de los problemas de los productores de limón sutil es la sobreproducción en fechas específica entre los meses de enero y febrero, esto complica al agricultor por sus bajos ingresos debido a la competencia entre productores esto conduce a que haya un desequilibrio económico. Dadas las características de importancia con respecto a la producción del limón dentro de Ecuador y como aporte a la investigación, surge la propuesta de aportar con paquetes tecnológicos (podas, patrones, estrés, fertilizantes, fitorreguladores; entre otros) apegados a la realidad del contexto, asimismo considerando que con el efecto del cambio climático ha ido incrementando la temperatura y con ello hay un aumento de zonas desérticas que tienden a ser poco productivas; resulta indispensable conocer la Eficiencia en el Uso del Agua (EUA), específicamente en el cultivo de limón, para ello hemos considerado importante evaluar los puntos de crecimiento fenológicos del cultivo en respuesta a las distintas láminas de agua y así mismo conocer como estas láminas influyen en el comportamiento hídrico de la planta y para estar en capacidad de recomendar al agricultor técnicas basadas a la realidad del productor, con este afán nos hemos planteado la siguiente interrogante ¿Cómo influye el riego en la fluctuación productiva del limón sutil (*citrus aurantifolia* Swingle) y en los parámetros hídricos de la planta?.

II. ANTECEDENTES

Varias investigaciones han sido realizadas en distintos países con el objetivo de incrementar rendimientos en cítricos; sin embargo, la investigación en Ecuador es limitada. En este sentido Espinoza y Cuenca (2017), determinaron la caracterización y manejo sustentable en sistemas de riego por aspersión para el cultivo de limón (*Citrus aurantifolia* Swingle.) en Rio Chico, Portoviejo, concluyendo que este sistema de riego mantuvo los niveles medios de sustentabilidad con parámetros de olor, color cobertura de suelo, entre otros, en niveles aceptables. Por otro lado, Delgado (2018), determinó el efecto del déficit hídrico en la remoción de flores y frutos sobre la floración, rendimiento y calidad del limonero sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) en la zona de Jayanca, Lambayeque, el autor concluyó que a los 45 días de limitar el riego obtuvo una mayor cantidad de inflorescencia, flores, rendimiento, favoreciendo la calidad del fruto.

De acuerdo Garzón, Vélez y Orduz (2013), llevaron a cabo un estudio sobre el efecto del déficit hídrico en el crecimiento y desarrollo de frutos de naranjas valencias (*Citrus sinensis* Osbeck) en el piedemonte del Meta, Colombia. Concluyendo que, durante las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo del fruto, un estrés moderado en la primera fase de crecimiento del fruto puede suplirse con el aporte de la lluvia en las siguientes fases, sin que se vea afectada la producción y calidad.

La planta está influenciada por factores ambientales en cuanto al crecimiento y desarrollo, especialmente por la disponibilidad de agua, ya que esta cumple un papel vital, al intervenir en todos los procesos fisiológicos. (Medina *et al*, 2017).

III. JUSTIFICACIÓN

El agua es una de las principales limitantes en el suelo, para el crecimiento y rendimiento en los cultivos, tanto así que el exceso o carencia provoca efectos que disminuyen el rendimiento del cultivo, debido a que es fundamental para todos los procesos de crecimiento en las plantas, de forma particular en la nutrición debido a su función que sirve como medio de transporte de los nutrientes incrementando el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Kenneth y Henríquez, 2015).

Por otra parte, las labores culturales como el abonado y la poda favorecen al cultivo en la producción al aumentar el volumen, calidad o regularidad de la misma, ninguna de estas operaciones es absolutamente indispensable como lo es el riego. Está comprobado que manteniendo una adecuada humedad del suelo se garantiza una alta producción y una mejor calidad (Vélez, Álvarez y Alvarado 2012).

Conociendo al agua como el recurso de mayor consumo, este incrementa su consumo al haber un aumento de la población y resulta vital economizar el agua, mediante diversas estrategias que le den al agricultor la posibilidad de mejorar sus ingresos mediante un manejo adecuado del cultivo obteniendo mayores rendimientos, es decir con menos cantidad de agua producir más producción, las herramientas fisiológicas como potencial y conductancia servirían como indicadores del normal crecimiento de las plantas. Por lo tanto, esta investigación pretende determinar la fluctuación de producción en la etapa productiva y el potencial hídrico mediante diferentes niveles de humedad de agua en el suelo, con el objetivo de aplicar la cantidad requerida y garantizar el suministro adecuado de agua al cultivo del limón sutil.

IV. OBJETIVOS

4. 1. Objetivo general

- Evaluar la incidencia de distintas láminas de riego sobre los parámetros hídricos y la fluctuación de la producción del limón sutil [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle].

4. 2. Objetivos específicos

- Determinar la incidencia de distintas láminas de riego sobre los parámetros hídricos (potencial hídrico y conductancia estomática).
- Identificar la incidencia del crecimiento en la fenología del fruto en distintas láminas de riego.
- Establecer la incidencia en calidad del fruto y rendimiento de los árboles con distintas láminas de riego.

V. MARCO REFERENCIAL

5. 1. Generalidades del limón sutil

El limón sutil, tiene como nombre científico (*Citrus aurantifolia* Swingle) (Chile, 2008), el limón sutil es originario del Sudeste de Asia-China (Senamhi, 2016), el tamaño del arbusto o árbol chico es de 6-7 m de altura, sus ramas son con espinas duras, sus hojas son de forma lanceolada o eclíptica-ovada, su base es redondeada con su ápice recortada, sus flores son blancas ubicadas en la inflorescencia axilar formada por el cáliz copulado de 4-5 lóbulos, 4-5 pétalos y 20-25 estambres, sus frutos son pequeños con formas esféricas u oval con base convexa (Pereida, Noriega, Gonzales y López, 2014).

5. 2. Factores que influyen en la producción de los cítricos

Los cítricos necesitan una precipitación óptima que oscilan entre los 900 a 1200 mm por hectárea por año, además el cultivo de limón necesita una temperatura óptima para su desarrollo y producción que va entre los 23 y 28 °C (García, 2014). Además, dentro los factores climáticos, la humedad relativa es uno de los factores a considerarse, ya que esta influye directamente sobre la calidad de la fruta y desarrollo de la planta, en donde si la humedad es alta esta ayuda a favorecer el desarrollo de enfermedades fúngicas y de algunas plagas, la humedad óptima, se puede considerar en un rango que oscilan entre los 40 y 70% (Figuerola, 2015).

5. 3. Estrés hídrico

Las plantas pueden adaptarse en su hábitat natural, y en el ambiente a estrés por sequía a través de varios mecanismos, así como: respuestas transitorias a baja humedad del suelo hasta mecanismos importantes de supervivencia de escape mediante floración temprana en ausencia de lluvias estacionales (Basu, *et al*, 2016). Según Zandalinas *et al*, (2016), indican que existen respuestas fisiológicas específicas en la combinación de sequía y de calor en cítricos, cuyas

respuestas modulan en manera diferente, dependiendo de la tolerancia al estrés particular de los genotipos de los cítricos. Además, Galecio (2011), indica que las adaptaciones combinan los factores anatómicos y fisiológicos que limitan el almacenamiento y transporte del agua por la planta, como consecuencia al estrés hídrico produce varias respuestas como: disminuir el área foliar y disminución en la conductancia de las estomas, evitando pérdida de agua por la transpiración. El estrés hídrico es de gran importancia ya que estos afectan al cultivo disminuyendo el rendimiento y crecimiento de la planta (Infoagro, 2018), los principales estreses que provocan problemas en las plantas son el estrés hídrico y estrés salino.

El estrés por déficit hídrico limita al rendimiento y desarrollo de la planta, afectando significativamente la fotosíntesis, también afecta la calidad de la fruta provocando grandes pérdidas económicas (Moreno, 2009), además el estrés hídrico por sequía puede restringir el desarrollo y formación de simbiosis micorrizas arbuscular (AM) en los cítricos (Wu, Srivastava & Zou, 2013). El estrés hídrico por abundancia disminuye el crecimiento vegetal, menor absorción de agua y nutrientes, cambios en el metabolismo, menor producción y la muerte de la planta empezando desde sus órganos (Moreno y Fischer, 2014). Además de tener un crecimiento deficiente, reduciendo así la calidad y rendimientos de los árboles cítricos (Syvertsen & García, 2014). Por otro lado, la proteína quinasa activada por nitrógenos HOG1 es la única en conferir resistencia a las sales y estrés oxidativo (Chen, Lin & Chung, 2012).

5. 4. Mecanismos de defensa de la planta frente a estrés

Las plantas están constantemente en estrés tanto bióticos como abióticos que reducen seriamente su productividad, en respuestas las plantas son muy complejas e involucran numerosas adaptaciones moleculares, fisiológicas y celulares (Rejeb, Pator & Mauch, 2014). En cuanto al estrés abiótico (como metales/metaloideos, ozono, salinidad, radiación UV-B,

temperaturas extremas y sequía) son los inconvenientes más importantes para el sector agrícola y el rendimiento económico de las plantas, la importancia del ácido silícico (SA) es reconocido cada vez en la mejora de la tolerancia al estrés abiótico de las plantas (Khan *et al*, 2015).

El estrés hídrico produce una serie de respuestas como: disminución de conductancia de las estomas, lo cual se evita la pérdida de agua por transpiración disminución del área foliar, por lo tanto, la superficie de transpiración y adaptaciones a nivel metabólico y osmorregulación, en las células acumulan una serie de solutos compatibles con el funcionamiento normal del mecanismo celular (Nuñez *et al*, 2017). Gonzalo *et al*, (2018), manifiestan que en mandarinas y naranjas el impacto del riego deficitario en el rendimiento y transpiración, resulta ser la mandarina menos sensible al estrés hídrico que la naranja, esto también se asocia con el cambio climático en la dinámica del crecimiento y desarrollo del fruto.

5. 5. Potencial hídrico

Frías (2017), concluye que, el potencial hídrico se convierte en un marcador al estrés hídrico, porque a medida que aumentan los días de déficit en el riego, este se hace más negativo. La isohidratación o anisohidrometría, se describe como el vínculo entre potencial hídrico del suelo (s), potencial hídrico de la hoja (Ψ_L) y la conductancia estomática (g_s), la cual ha sido una falta de coordinación entre dinámica de Ψ_L y g_s a través de los biomas, se considera isohidricidad como los efectos del déficit de presión del vapor (VPD) y el índice de área de la hoja (A_L) en las sensibilidades aparentes de Ψ_L y g_s a la sequía (Novick, Konings & Gentine, 2019).

El potencial de agua en el punto de pérdida de turgor ($\pi_{t\text{tp}}$), ha ayudado a determinar la tolerancia a la sequía para ayudar a la selección de árboles (Banks & Hirons, 2019).

5. 6. Factores que limitan los principales estadios fenológicos

La producción de cítricos se ve influenciada tanto a factores bióticos como abióticos que limitan la salud del cultivo, tanto así que uno de los principales problemas es causado por virus y enfermedades en los cultivares de los cítricos (Silva *et al*, 2019). De acuerdo Arias *et al*, (2019), los cítricos de zonas templadas tienen brotes inhibidos en invierno, el principal factor en el cual se define el destino vegetativo o reproductivo de las yemas son las presencias de frutos desarrollados. Se consideran los principales compuestos involucrados en la inducción del conjunto de la fruta las giberelinas (GA) y la auxina (ácido indol-3-acético, IAA), tanto así que los árboles de cítricos florecen abundantemente, pero exhiben tasas de fructificación dramáticamente bajas y, en particular, cultivares como naranja (Bermejo *et al*, 2018). Gasque, *et al*, (2016), reportaron que, en la mayoría de las ocasiones, los árboles bajo tratamiento de riego por déficit (RDI) en un 40% mostraron una recuperación hídrica rápida y se rehidrataron completamente en una semana después de reiniciar el riego.

5. 7. Factores que promueven la floración

En cuanto a la madurez de las frutas en los cítricos, la calidad comercial es el resultado de la combinación de las características externas (forma, tamaño, color, defectos visuales, etc.) e internas (acidez, azúcares, jugos, etc.) (Julhia *et al*, 2019). Oliveira *et al*, (2018), realizaron un estudio en déficit hídrico y sus efectos sobre la fisiología y fenología en árboles de naranjas “Navelate” concluyendo que las plantas sometidas a estrés hídrico en un 25% de capacidad de campo, presentan limitaciones en comparación con las plantas de control que tienen una disponibilidad total de agua lo que se ve reflejado en mayor altura, diámetro y producción de fruta.

5. 8. Evapotranspiración en el cultivo de limón

El uso del agua y el aumento de la eficiencia del uso del agua (WUE) sirven para un uso más sostenible en la tierra agrícola (Rubio *et al*, 2018). El mal uso y manejo del agua, ha ido en aumento y en desperdicio de este recurso por eso se proponen realizar mediciones relacionadas con el agua, como la estimación de la evapotranspiración de referencia (ET_o), para optimizar el uso del agua de una manera más eficiente, mediante recolección y cálculo de datos climáticos diarios (García *et al*, 2019). La evapotranspiración (ET) se vincula en los ciclos mundiales de agua y energía, mientras las estimaciones precisas de ET son cruciales para comprender el uso del agua de las tierras del cultivo y los impacto *et al*, 2018).

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

6. 1. Localización y descripción del ensayo.

La presente investigación se realizó en la comunidad de Maconta, ubicada en la parroquia Colón del cantón Portoviejo, provincia de Manabí. La finca se encuentra localizada a 1½ km de la vía Portoviejo-Los Ángeles, ubicada geográficamente a 10°08'25'' de latitud Sur y 80°04'52'' de latitud Oeste con una altitud de 40 msnm.

La plantación es en un lote comercial de 15 años de edad, injertado sobre patrón de mandarina cleopatra (*Citrus reshni*), en un marco de plantación de 6m x 6m entre plantas e hilera.



Grafica Tomada de Google Earht.ec, 2019.

6. 2. Características agroclimáticas ¹

Temperatura 31.49 °C max.

Precipitación anual 656.4 mm

Humedad relativa 78.58%

Velocidad del viento 307.02 km

Heliofanía 1114.4 h/luz año

¹ Datos tomados de la Estación Agro Meteorológica del INAMHI, en Lodana, Santa Ana, Manabí, Ecuador julio 2018-julio 2019.

En Ecuador, las precipitaciones están definidas en dos temporadas o épocas (secas y lluviosas). De acuerdo Quishpe *et al*, (2019), la variabilidad del flujo de la corriente de febrero a abril como los meses que muestran el flujo máximo de la estación húmeda y de junio a agosto corresponde a la temporada seca. Silva, *et al* (2019), determinaron que las lluvias varían entre 9 y 12 días al mes, con tendencia a una disminución en un 20% de la serie, definiendo los períodos seco y lluvioso en un 18,36% y 81,64% de las precipitaciones al año respectivamente.

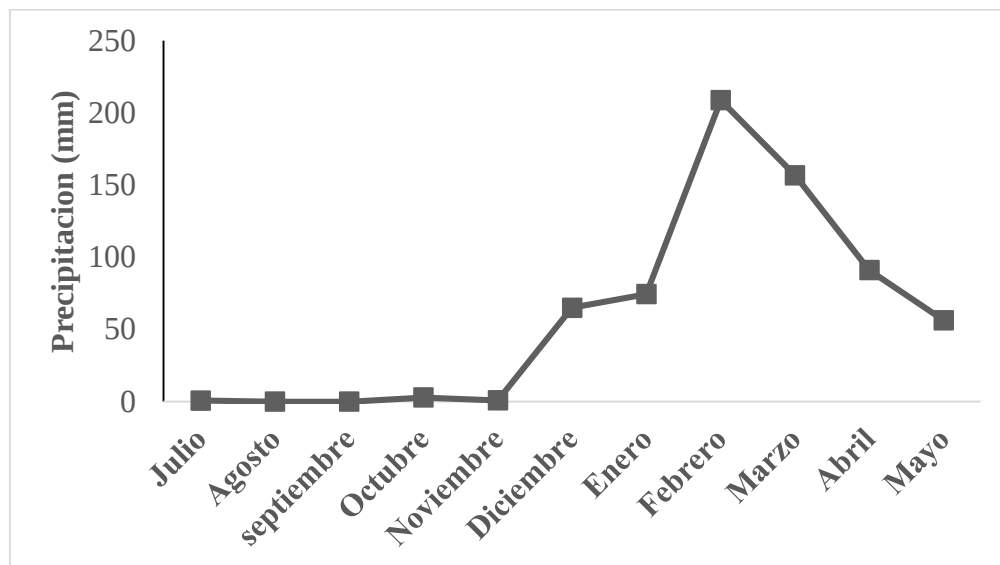


Figura 1. Precipitación registrada desde julio 2018 a mayo 2019. Estación Agro Meteorológica del INAMHI, en Lodana, Santa Ana, Manabí, Ecuador.

6. 3. Descripción del riego.

Para saber cómo y cuándo regar se utilizó el método de gravimetría que consistió en extraer muestras de suelos de aproximadamente 10, 20 y 30 cm de profundidad cada tres días se colectaba estas muestras y se colocaba en estufa y para regar se utilizó el método del balance hídrico.

6. 3. 1. Balance hídrico

El balance hídrico consiste en evaluar los flujos de agua que entran y salen de la zona radicular en el cultivo dentro de un determinado periodo de tiempo mediante la siguiente fórmula (Salgado & Mateos, 2019).

$$\Delta\theta = (P + R + Ac) - (Et + Es + Pp)$$

Dónde:

$\Delta\theta$ = Cambio en el contenido de agua

P= Precipitación

R= Riego

Ac= Aporte capilar

Et= Evapotranspiración

Es= Escorrentía

Pp= Percolación profunda

Para el cálculo de las láminas de riego se midió la evapotranspiración del cultivo *ET* estimando la evapotranspiración de referencia *ET_o*, por medio de la ecuación de Penman-Monttieth 98, utilizando un software CROPWAT 8.0 que usa los datos de la estación meteorológica LA TEODOMIRA-INAHAMI, la fórmula de ET se describe a continuación:

$$ET = K_c * ET_o$$

Dónde:

ET = Evapotranspiración del cultivo (mm día⁻¹)

K_c = Coeficiente del cultivo

ET_0 = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm día^{-1})

Para la elección de los tratamientos se calcularon en función al coeficiente del cultivo (K_c) recomendado por FAO como 0,75 para los meses de lluvia y 0,80 para los meses secos (FAO, 2006).

Tabla 1.
Descripción de tratamientos

Tratamientos	Niveles
1	$K_{c0.3} \times ET_0$
2	$K_{c0.5} \times ET_0$
3	$K_{c0.7} \times ET_0$
4	$K_{c0.9} \times ET_0$
5	CONTROL

Fuente: Elaborado por autores.

Dónde:

K_c = Coeficiente de cultivo

ET_0 = Evapotranspiración de referencia (mm d^{-1})

Control = Riego convencional (inundación)

6. 3. 2. Volumen de agua

Para determinar en volumen de agua en litros, se realizó con los valores de ET multiplicado por el área humedecida y por 10^{-3} . Usando la siguiente fórmula para determinar el volumen de agua:

$$V = ET \times Ah$$

Dónde:

V = Volumen de agua aplicar

ET = Evapotranspiración del cultivo (mm día^{-1})

Ah = Área humedecida (metros)

6. 3. 3. Tiempo de aplicación del volumen de agua

Para determinar el tiempo se calculó el caudal del gotero (Θ_s), obteniéndose de la multiplicación de la cantidad de goteros por la descarga del gotero. Usando la siguiente fórmula para determinar el tiempo en que se aplicara el volumen.

$$T = \frac{V}{\Theta_s}$$

Dónde:

T = Tiempo de aplicación del volumen de agua

V = Volumen de agua aplicar

Θ_s = Caudal de gotero

6. 4. Diseño experimental.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar (DBCA), con cuatros tratamientos más el control, con cuatros repeticiones/tratamientos y cada tratamiento está constituidos por 6 unidades experimentales o árboles. Para distribuir de forma homogénea el riego en los distintos tratamientos y manipular las láminas de agua se implementó un sistema de riego por goteo, y para determinar el número de emisores por planta se utilizó la técnica de la botella de Mariotte (Beléndez, *et al*, 2013).

																			
																			
																			
																			
																			
																			
T1	T2	T3	T4	C	T2	T3	T1	T4	C	T4	T2	T1	T3	C	T3	T4	T2	T1	C
Repetición I					Repetición II					Repetición III					Repetición IV				

6. 5. Conducción del ensayo

Fueron colocados dos anillos de riego, se buscaron las raíces efectivas que se encuentran ubicadas a: 35 cm de profundidad y a 1.70 m horizontal desde la base del tallo, para determinar los números de goteros y distanciamiento de anillo se realizó mediante la técnica de la botella Marriotte, con goteros auto-compensados NETAFIN, fueron colocados 15 goteros por planta, distribuidos 5 en el primer anillo (distanciado a 1.00 m) y 10 goteros en el segundo anillo (distanciado a 1.50 m).

6. 6. Variables analizadas

6. 6. 1. Parámetros hídricos (potencial hídrico y conductancia estomática).

6. 6. 1. 1. *Potencial hídrico (Ψ tallo)*

Para medir potencial hídrico, se utilizó la bomba Scholander (Soil Moisture Equipment Corp., Sta. Barbara, CA. USA), el protocolo para la muestra se consideró lo siguiente:

Seleccionar de cada unidad experimental o árbol una hoja o brote del tercio medio superior, expuestas al sol, libres de plagas y enfermedades y sin daños mecánicos.

Las hojas seleccionadas fueron medidas en horas de 12 pm potencial al medio día.

6. 6. 1. 2. Conductancia estomática (g_s)

Para determinar la conductancia estomática foliar se usó un porómetro (Leaf Porometer) y el protocolo para la muestra se consideró lo siguiente:

Seleccionar de cada unidad experimental o árbol una hoja o brote del tercio medio superior, expuestas al sol, libres de plagas y enfermedades y sin daños mecánicos.

Las hojas seleccionadas fueron medidas en horas.

6. 6. 2. Crecimiento del fruto.

Por cada tratamiento fueron seleccionados 3 unidades experimentales o árboles al azar, donde en cada árbol se muestreo 8 ramas correspondiente a dos ramas por cada cuadrante de ubicación (Norte, Sur, Este y Oeste). Por cada rama seleccionada fueron evaluados los frutos ya formados (cuajados), es decir que a partir que el ovario empieza a crecer se midió con ayuda de un calibrador el diámetro polar, cuya escala fenológica de clasificación fue conducida a través de la escala fenológica BBCH de agrios que corresponde al estadio 7 (desarrollo del fruto) (tabla 2).

Tabla 2. Escala BBCH de los Agrios

Estadio Principal 0: Desarrollo de yemas
09. Los primordios foliares son visibles
Estadio Principal 5: Desarrollo de flores
51. Las yemas se hinchan: están cerradas y se hacen visibles las escamas, ligeramente verdes.
53. Las yemas revientan: las escamas se separan y se hacen visibles los primordios florales.
55. Las flores se hacen visibles: están todavía cerrados (botón verde) y se distribuyen aisladas o en racimos en inflorescencia con o sin hojas.
56. Los pétalos crecen: los sépalos envuelven la mitad de la corola (botón blanco).
57. Los sépalos se abren: se hacen visibles los extremos de los pétalos, todavía cerrados, de color blanco o amoratado.
59. La mayoría de las flores, con los pétalos cerrados, forman una bola hueca y alargada.
Estadio Principal 6: Floración
60. Se abren las primeras flores.
61. Comienza la floración: alrededor del 10 % de las flores están

abiertas.
65. Plena floración: alrededor del 50 % de las flores están abiertas. Empiezan a caer los primeros pétalos.
67. Las flores se marchitan: la mayoría de los pétalos están cayendo.
69. Fin de la floración: han caído todos los pétalos.
Estadio Principal 7: Desarrollo del fruto
71. Cuajado: el ovario empieza a crecer: se inicia la caída de frutos jóvenes.
72. El fruto, verde, está rodeado por los sépalos a modo de una corona.
73. Algunos frutos amarillean: se inicia la caída fisiológica de frutos.
74. El fruto alcanza alrededor del 40 % del tamaño final: adquiriendo un color verde oscuro. Finaliza la caída fisiológica de fruto.
79. El fruto alcanza alrededor del 90 % de su tamaño final.
Estadio Principal 8: Maduración del fruto
81. El fruto empieza a colorear (cambio de color).
83. El fruto está maduro para ser recolectado, aunque no ha adquirido todavía su color característico.
85. Maduración avanzada: se va incrementando el color característico de cada cultivar.
89. Fruto maduro y apto para el consumo: tiene su sabor y firmeza naturales; comienza la senescencia y la abscisión.

Tomado de Agusti *et al.*, 2002

A partir de los frutos desarrollados (cuajado) se marcaron y se les midió el diámetro polar cada 8 días, con la ayuda de un calibrador considerando el punto de crecimiento polar, para determinar la tasa de crecimiento del fruto.

6. 6. 3. Variables de Calidad de la fruta y rendimiento.

Para determinar las variables de calidad, las frutas fueron evaluadas en el laboratorio de fisiología vegetal de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí.

6. 6. 3. 1. Peso de los frutos

Por cada unidad experimental se seleccionaron tres árboles y se les cosechaba 20 frutos por cada árbol, una vez cosechados se trasladaban al laboratorio se pesaron los frutos por unidad en una balanza de precisión (TRAVELER) y los cuales fueron expresados en gramos (g).

6. 6. 3. 2. Diámetro y firmeza de frutos (polar y ecuatorial)

Con ayuda de un calibrador digital (precisión de ± 0.01 mm), se midieron los diámetros polar y ecuatorial, y para medir firmeza se usó un penetrómetro (FRUIT HARDNESS TESTER), haciendo mediciones no destructivas, que consistió en cortar con un cuchillo la piel de la fruta en las partes ecuatorial y polar, colocando de forma vertical el aparato con la punta en el fruto y presionar hasta que haya introducido la punta en el fruto y anotar los valores expresados en libras o kilogramos ($1 \text{ kg.} = 1 \text{ lb} \times 2,2$).

6. 6. 3. 3. Peso de cáscara, peso de pulpa, contenido de jugo y número de semillas

Para determinar peso de cáscara y peso de pulpa se usó una balanza de precisión, una vez extraído el zumo de limón con ayuda de un extractor, se midió el contenido de jugo (ml) en una probeta, para determinar cantidad de semillas se contó de forma manual el total de semillas por fruto.

6. 6. 4. Caracteres internos del fruto

6. 6. 4. 1. Contenido de sólidos solubles (Grados Brix) del zumo de limón y pH

Para determinar el valor de contenido de azúcares de los sólidos solubles totales (SST), se procedió a colocar una muestra de 0,5 ml en el refractómetro digital Mod. Para determinar el pH se usó un medidor de bolsillo de pH, conductividad Electrica, TDS y temperatura, modelo HI 98130, marca Hanna Instruments.

6. 6. 4. 2. Acidez titulable

Para determinar acidez titulable (AT), consistió en colocar en una bureta de 50 ml el hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N., y en un vaso de precipitación se colocó la muestra de 5 ml de zumo de limón y después colocar una o dos gotas de fenolftaleína, una vez colocada la muestra del

zumos de limón y la gota de fenolftaleína en el vaso de precipitación se destiló el hidróxido de sodio hasta llegar a un pH de 7. Utilizando esta fórmula para determinar ácido cítrico:

$$\text{Ácido cítrico \%} = \frac{V \times N \times \text{Meq}}{\text{Alicuota valorada}} \times 100$$

Dónde:

V= Volumen de hidróxido sódico (NaOH) gastado (ml).

N= Normalidad del hidróxido sódico (NaOH).

Meq= Mili equivalente del ácido de la muestra (0.064 en cítricos).

Alicuota valorada= volumen de muestra en ml.

6. 6. 5. Rendimiento

Para determinar el rendimiento (kg/ha) se evaluó mediante el peso de los frutos por unidad experimental o árboles muestreado, consistiendo en pesar el total de los frutos de tres unidades experimentales o árboles por tratamiento/repetición, usando una báscula de 30 kg (Mettler Toledo Modelo 30 kg) con precisión de ± 10 g, midiendo en el momento de la cosecha.

6. 7. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para comprobar la significancia estadística entre los tratamientos evaluados para cada variable y para cada comparación de medias se utilizó el test de Tukey con una significancia de $P \leq 0.05$.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7. 1. Relación agua-planta

7. 1. 1. Conductancia estomática (g_s)

La figura 2, muestra la evaluación de la conductancia estomática (g_s) en las épocas seca y lluviosa, con aplicación de riego en los diferentes niveles de k_c evaluados, donde se aprecia que existen diferencias significativas ($P < 0.05$), en la época seca el tratamiento control mostró mayor apertura estomática con $300.62 \text{ mmol/m}^{-2}\text{s}^{-1}$, no obstante, el tratamiento con el k_c 0,3 mostró menor apertura estomática con $197.13 \text{ mmol/m}^{-2}\text{s}^{-1}$, mientras que en la época lluviosa muestra una recuperación donde los tratamientos con los k_c 0,3, 0,5, 0,9 y control no hay diferencias significativas con un promedio de $453.19 \text{ mmol/m}^{-2}\text{s}^{-1}$, mientras que el tratamiento con el k_c 0,7 hay diferencia significativa con $387.68 \text{ mmol/m}^{-2}\text{s}^{-1}$ siendo el de menor apertura estomática. De acuerdo a Rezabala (2018), manifiesta que en el cultivo de limón sutil la g_s en época lluviosa el tratamiento con el k_c 0,7 cuyo valor promedio es de $334.6 \text{ mmol/m}^{-2}\text{s}^{-1}$ mostro mayor apertura estomática. Por otro lado, Panigrahi & Srivastava (2017), manifiestan que en mandarinas el riego controlado del 100% y una fertilización al 100% (N: 600 g, P_2O_5 : 200 g y K_2O : 100g), obtuvieron la fotosíntesis de las hojas, conductancia estomática y transpiración fueron las más altas a diferencias de los demás tratamientos con déficit hídrico. Sin embargo, Salem et al, (2016), manifestaron que en clones de naranjas agria (*Citrus aurantium* L.) bajo estrés hídrico, los clones disminuyeron su conductancia estomática, tasa fotosintética neta y tasa de transpiración. Así mismo Mira et al, (2019), manifestaron que en limoneros (*Citrus latifolia* Tan.) jóvenes de 3 años de edad el estrés hídrico obtuvo una ligera reducción en la fotosíntesis neta y en la conductancia estomática con una gran variabilidad en sus medidas.

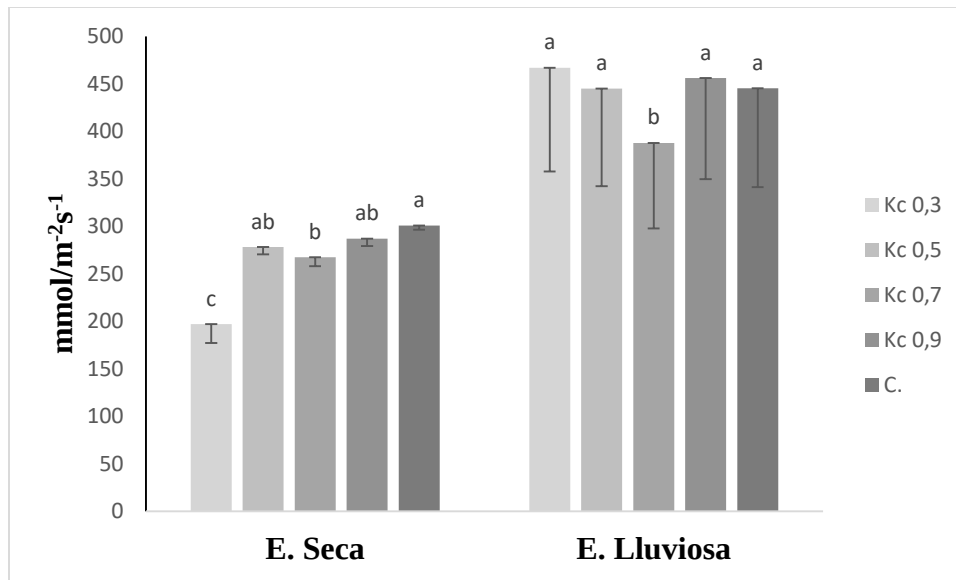


Figura 2. Efecto de la conductancia estomática (g_s), durante las épocas seca y lluviosa. Las barras representan las aplicaciones de los coeficientes de cultivos (k_c). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos según la prueba Tukey.

7. 1. 2. Potencial hídrico xilemático (Ψ_{tallo})

El potencial hídrico, es la tensión con la que el agua es retenida dentro de la planta, al haber más tensión en la planta, la medida del estrés es mayor. La figura 3 muestra las evaluaciones del potencial hídrico (Ψ_{tallo}) en las épocas seca y lluviosa, donde reportan diferencias significativas ($P < 0.05$), entre los tratamientos aplicados, donde el tratamiento con k_c 0,7 es el de mejor comportamiento.

La figura 3, se aprecia que el valor del Ψ_{tallo} del tratamiento con k_c 0,7 es el valor más positivo con -1.38 MPa siendo el tratamiento con mejor comportamiento, mientras que el tratamiento con el k_c 0,9 es el valor más negativo con -1.83 MPa durante la época seca, mientras que en la época lluviosa muestra una recuperación en la cual los tratamientos con los k_c 0,5, 0,7, 0,9 y control no tienen diferencias significativas con -0.78 MPa, no obstante, el tratamiento del k_c 0,3 hay diferencias significativas siendo el valor más negativo con -0.9 Mpa, el tratamiento del k_c 0,9 en época seca tiene el valor más negativo debido a que es el que mayor contenido de humedad en el

suelo, que podría ser explicado por un estrés de la planta por inundación ocasionando anoxia (falta de oxígeno) en el sistema radical. De acuerdo a Rezabala (2018), manifiesta que el cultivo de limón sutil el potencial hídrico xilemático (Ψ_{tallo}) en época lluviosa, el tratamiento con el k_c evaluado que mejor se comportó fue el 0,7 con un promedio de -0.9 MPa, gozando de una óptima humedad en el suelo. Por otro lado, Iwasaki, Hori & Ikuta (2019), reportaron que en cuanto al déficit hídrico del suelo en *Fortunella crassifolia* hay una disminución rápida en la transpiración de las hojas, sin embargo, el potencial del tallo se mantuvo sin cambios en las hojas en el tratamiento sin estrés. Cánovas (2012), reportó que el Ψ_{tallo} en pomelo, las plantas bien regadas no presento diferencias significativas en los tratamientos, sin embargo, cuando se limitó el riego se redujeron los Ψ_{tallo} pero los valores se mantuvieron por encima de los -1.0 MPa.

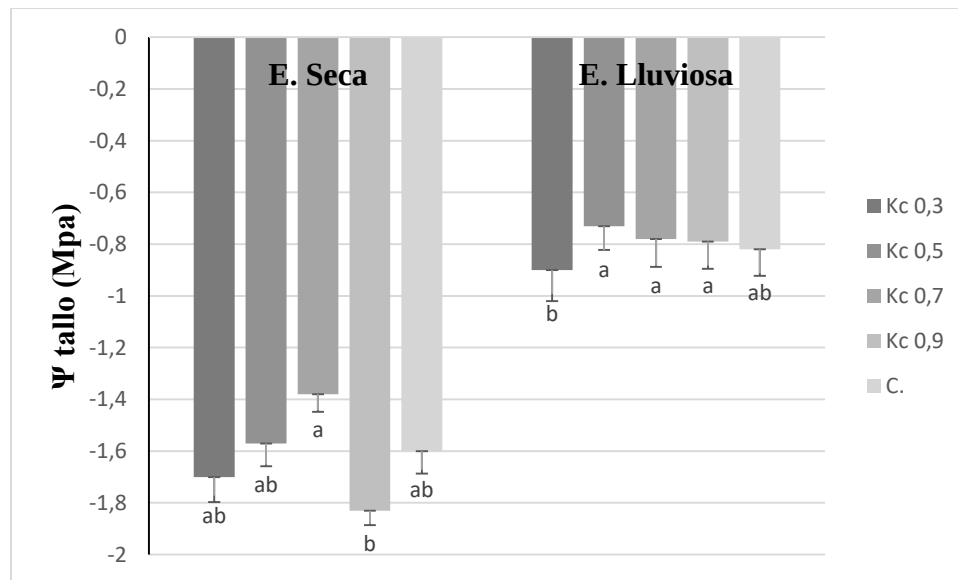


Figura 3. Potencial hídrico (Ψ_{tallo}) medido al medio día; durante las épocas seca y lluviosa. Las barras representan las aplicaciones de los coeficientes de cultivos (k_c). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos según la prueba Tukey.

7. 2. Crecimiento del fruto (cm)

El análisis de varianza realizado para el crecimiento del radio polar de los frutos en las épocas seca y lluviosa, se reporta diferencias significativas ($P < 0.05$), entre los tratamientos aplicados, donde los tratamientos de mejor crecimiento del fruto fueron los que mantuvieron un k_c de 0,3, 0,5, 0,7 y control con un radio aproximado de 2.34 cm por fruto, no reportaron diferencias significativas entre sí, no obstante, varió significativamente el tratamiento cuyo k_c 0,9 fue el que reportó el menor crecimiento con un radio polar de 1.97 cm (Figura 4). En riego deficitario en su mayoría durante las fases de maduración y floración de los frutos se llevaron a cabo una restricción de agua, en la que produce un efecto menos negativo en la producción, que en el riego deficitario en crecimiento de fruto (Pérez et al, 2014, García et al, 2010). Estudios que demuestran restricciones de agua durante el crecimiento del fruto mejoran la productividad del agua cuando el estrés es moderado (Pedrero *et al.*, 2014).

En época lluviosa se mantiene la misma tendencia entre los tratamientos aplicados en relación al radio del fruto, siendo el tratamiento k_c de 0,5 el de mayor crecimiento con 2.26 cm de radio/fruto, y el tratamiento con el k_c de 0,9 con 2.05 cm el de menor radio/fruto (Figura 4). El tratamiento con k_c 0,9 mantiene una excesiva cantidad de humedad acumulada en el suelo en la cual no permite la absorción de esta debido a que causa anoxia (falta de oxígeno) en el sistema radical. De acuerdo a Licciardello *et al.*, (2019), manifiestan que el *Citrangé carrizo* es tolerante a las limitaciones de oxígeno, respondiendo a la hipoxia (disminución de oxígeno a nivel celular) activando los genes principales que son responsables de este tipo de tolerancia.

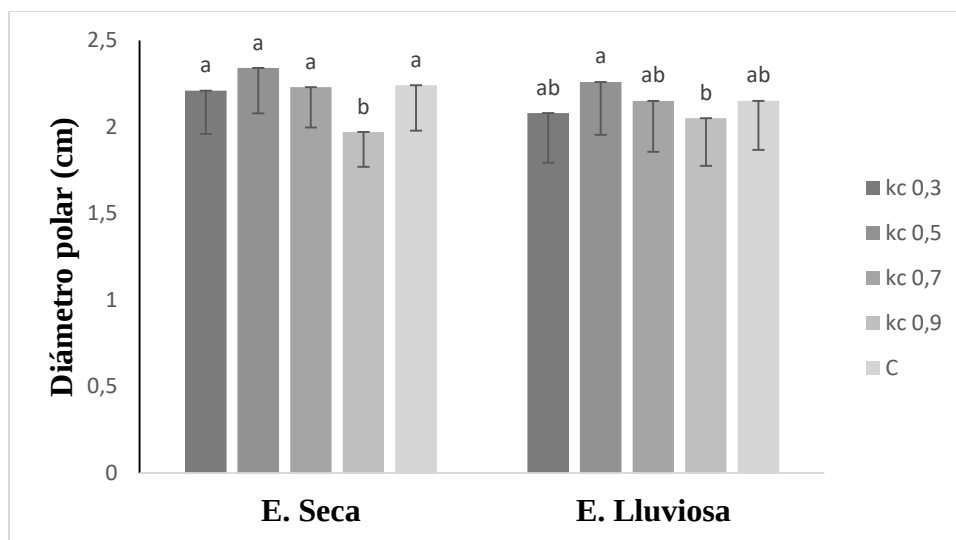


Figura 4. Promedio del diámetro del fruto en las épocas seca y lluviosa. Las barras representan las aplicaciones de los coeficientes de cultivos (k_c). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos según la prueba Tukey.

La figura 5, muestra el crecimiento polar de los frutos durante toda la época seca, con aplicación de riego en los diferentes niveles de k_c evaluados, donde el tratamiento con el k_c 0,5 mantuvo la mayor tasa de crecimiento con promedio final de 4.10 cm en todos los estados fenológicos, mientras que el tratamiento con menor crecimiento radial fue el k_c 0,9 con una tasa de crecimiento de 3.30 cm. Mientras que en la figura 6, muestra el crecimiento polar en la época lluviosa, sin embargo, sigue siendo el tratamiento con el k_c 0,5 con promedio de 4.20 cm con mayor crecimiento, mientras que el tratamiento con el k_c 0,9 consiguió aumentar el crecimiento con 3.81 cm y sigue siendo el de menor crecimiento. El k_c 0,9 fue el de menor crecimiento debido a que contiene mayor humedad de agua en el suelo, provocando una disminución en el crecimiento de los frutos debida a la limitada absorción de agua provocando anoxia (falta de oxígeno) en el sistema radical. El exceso de agua en las plantas cítricas provoca anoxia la que induce variedades de disturbios fisiológicos alterando el crecimiento, incluyendo reducción de absorción de agua, alteración de la distribución de carbohidratos, absorción deficiente de nutrientes, desbalance hormonal, senescencia de hojas y daños en órganos, que a veces procede

la muerte de la planta (Rivadeneira y Perini, 2016). Por otro lado, Caballero *et al*, (2019), manifiestan que, en limón sutil, en época lluviosa las precipitaciones son frecuentes, afectando el crecimiento de primordios y produciendo caídas, sin embargo, una vez los frutos ya desarrollados (cuajados) las precipitaciones no afectan la formación de fruto como lo hacen en etapa de formación de primordios.

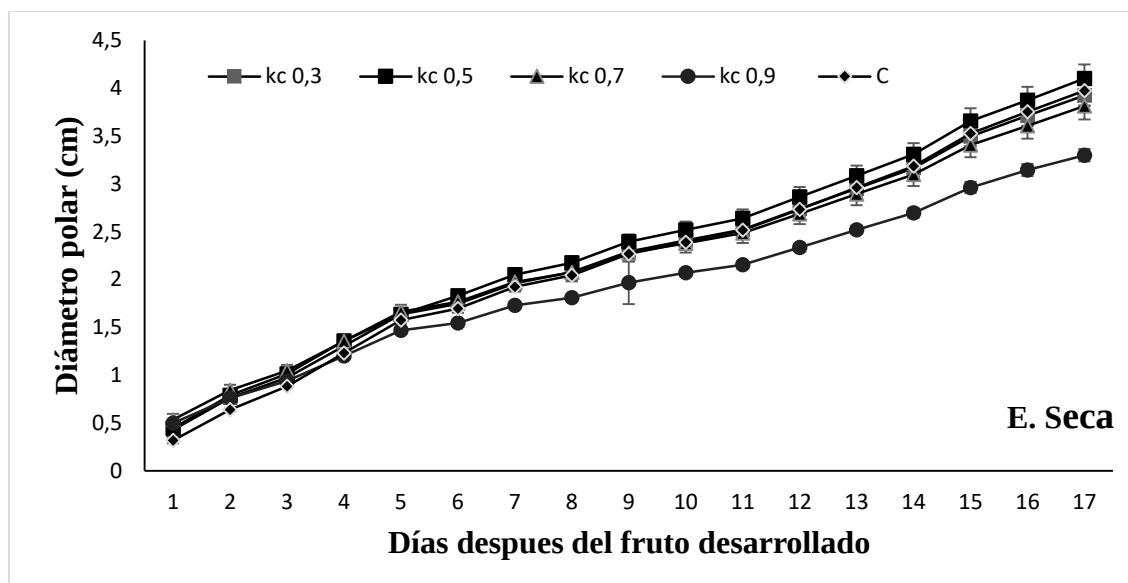


Figura 5. Variación del diámetro polar con el tiempo en época seca. Las curvas representan las aplicaciones de los coeficientes de cultivos (k_c).

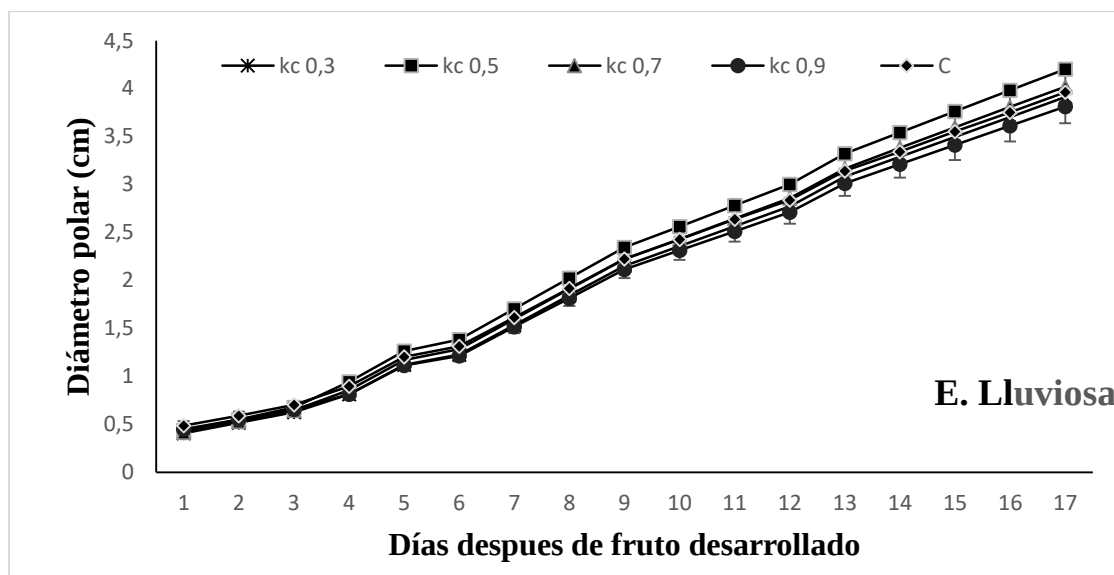


Figura 6. Variación del diámetro polar con el tiempo en época lluviosa. Las curvas representan las aplicaciones de los coeficientes de cultivos (k_c).

7. 3. Calidad de fruto y rendimiento.

La tabla 3, muestra los valores para diámetros polar, diámetro ecuatorial, firmeza ecuatorial y peso de frutos, con aplicación de riego en los diferentes niveles de k_c evaluados, en la época seca se observa que el tratamiento con el k_c de 0,5 con promedio de 5.26 cm fue el de mayor diámetro polar en los frutos, de igual manera el tratamiento con el k_c de 0,5 con promedio de 5.01 cm es de mayor diámetro ecuatorial, mientras que en firmeza ecuatorial los tratamientos con k_c 0,3, 0,5 y 0,7 con promedio de 6.08 kg/cm fueron de mayor firmeza y no obtuvieron diferencias significativas, no obstante los tratamientos con k_c 0,9 y control con promedio de 6.04 kg/cm tuvieron diferencias significativas siendo el de menor firmeza, mientras que el peso de cascara los tratamientos con k_c 0,5, 0,9 y control con promedio de 47.11 g. obtuvieron mayor peso de fruto y no se encontraron diferencias significativas, no obstante los tratamientos con k_c 0,3 y 0,7 con promedio de 44.18 g. tuvieron diferencias significativas. En la época lluviosa se observa que el diámetro polar con el tratamiento del k_c de 0,7 fue el de mayor crecimiento con promedio de 5.43 cm, de la misma manera el tratamiento con el k_c de 0,7 con promedio de 5.16 cm es de mayor diámetro ecuatorial, mientras que en firmeza ecuatorial los tratamientos con k_c de 0,5 y 0,7 obtuvieron promedio de 6.09 kg/cm siendo los de mayor firmeza, mientras que en peso de fruto el tratamiento control con promedio de 52.07 g. fue el de mayor a diferencias de los demás k_c (tabla 3). Datos obtenidos por Caballero (2018) en el cultivo de limón sutil durante la época lluviosa fueron de: peso de fruto 42.62 g, peso de cáscara 7.65 g y peso de pulpa 34.73 g, y no se encontraron diferencias significativas, esto lo atribuye a que las lluvias homogeneizaron el sustrato del suelo manteniendo la humedad del mismo. El calibre registrado en los tratamientos evaluados, independientemente de la época se encuentran dentro del rango de aceptación por el código CODEX el cual agrupa categorías de limas-limón que son: 1 (58-67 mm), 2 (53-62 mm),

3 (48-57 mm), 4 (45-52 mm) y 5 (42-49 mm) (FAO, 2011). Por otro lado, Zaghloul & Moursi (2017), reportaron un estudio en naranjos navel mediante una programación de riego, en calidad de fruta y almacenamiento, en que la calidad de la fruta en niveles moderado y riego deficitario, reportó un mayor nivel de firmeza y un menor contenido de jugo.

Tabla 3. Valores promedios para diámetros polar y ecuatorial, firmeza ecuatorial y peso de fruta del limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) en los diferentes coeficientes de cultivo (k_c), en las épocas seca y lluviosa.

Epoca seca				
Fuente de variación	D. Polar (cm)	D. Ecuatorial (cm)	F. Ecuatorial (kg/cm)	Peso de fruta (g)
Tratamientos				
kc 0,3	4,46 ± 0,03 b	4,29 ± 0,03 b	6,09 ± 0,01 a	44,48 ± 0,81 b
kc 0,5	5,26 ± 0,56 a	5,01 ± 0,54 a	6,08 ± 0,01 a	46,43 ± 1,19 a
kc 0,7	4,18 ± 0,03 b	4,17 ± 0,03 b	6,07 ± 0,004 a	43,87 ± 0,92 b
kc 0,9	4,5 ± 0,05 b	4,29 ± 0,03 b	6,04 ± 0,01 b	46,83 ± 0,88 a
Control	4,56 ± 0,03 b	4,37 ± 0,02 b	6,04 ± 0,005 b	48,06 ± 0,77 a
Promedio	4,59 ± 0,14	4,43 ± 0,13	6,06 ± 0,008	45,93 ± 0,91
C. Variación	49,42	48,73	1,4	17,99
p-value	0,0006	0,0044	< 0,0001	< 0,0001
Epoca lluviosa				
Fuente de variación	C. Polar (cm)	C. Ecuatorial (cm)	F. Ecuatorial (kg/cm)	Peso de fruta (g)
Tratamientos				
kc 0,3	4,54 ± 0,03 b	4,33 ± 0,03 b	6,08 ± 0,004 ba	44,55 ± 0,86 c
kc 0,5	4,37 ± 0,05 b	4,33 ± 0,03 b	6,09 ± 0,01 a	46,49 ± 1,21 bc
kc 0,7	5,43 ± 0,57 a	5,16 ± 0,55 a	6,09 ± 0,01 a	46,98 ± 1,34 b
kc 0,9	4,44 ± 0,04 b	4,27 ± 0,03 b	6,03 ± 0,01 c	45,87 ± 0,83 bc
Control	4,71 ± 0,03 b	4,51 ± 0,03 b	6,07 ± 0,01 b	52,07 ± 0,95 a
Promedio	4,7 ± 0,14	4,52 ± 0,13	6,07 ± 0,009	47,19 ± 1,04
C. Variación	49,3	48,79	1,51	19,92
p-value	0,0002	0,0013	< 0,0001	< 0,0001

Leyenda: La tabla indica la media, el error estándar y letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

La tabla 4, muestra los valores promedios para peso de cáscara, peso de pulpa, contenido de jugo y número de semillas, con aplicación de riego en los diferentes k_c , en la época seca hay diferencias significativas, siendo el tratamiento con k_c de 0,7 con promedio de 6.48 g. el de menor peso de cáscara, mientras que en peso de pulpa el tratamiento control es el de mayor peso con promedio de 40.61 g., en cuanto al contenido de jugo los tratamientos con los k_c 0,5 y control con promedios de 18.20 ml son los de mayor contenido de jugo en los frutos, mientras que el tratamiento con el k_c de 0,5 con promedio de 5.72 fue el tratamiento que menor cantidad de semillas presento. En época lluviosa el tratamiento con k_c de 0,5 con promedio de 6.78 g. el de menor peso de cáscara, mientras que el tratamiento control con promedio de 43.46 g. es el de mayor peso de pulpa, mientras que el tratamiento control con promedio de 19.72 ml es el que mayor contenido de jugo en los frutos obtiene, mientras que en número de semillas el tratamiento con k_c de 0,7 con promedio de 5.75 contiene menor semillas (tabla 4). Romero *et al*, (2017) realizaron un estudio en toronjas, sobre el agua recuperada (RW) en rendimiento y calidad de frutos, manifestando que la calidad de fruto disminuye notablemente el grosor de la cáscara en cosecha (aproximadamente 8%) sin embargo se mantiene durante el almacenamiento. Grilo *et al*, (2017), mencionan que en riego deficitario (RD) relacionado a la maduración de los frutos, el RD influye en la calidad y composición de flavonoides de la fruta de naranja Valencia, causando un cambio significativo en la acumulación de flavonoides totales de la cáscara de la fruta, con un impacto positivo en la calidad del jugo y el valor nutricional.

Tabla 4. Valores promedios para peso de cascara, peso de pulpa, contenido de jugo y número de semillas del limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) en los diferentes coeficientes de cultivo (k_c), en las épocas seca y lluviosa.

Epoca seca				
Fuente de variación	Peso de cascara (g)	Peso de pulpa (g)	Contenido Jugo (ml)	# Semillas
Tratamientos				
kc 0,3	6,93 ± 0,14 c	37,55 ± 0,69 cd	17,28 ± 0,45 b	6,17 ± 0,21 a
kc 0,5	7,09 ± 0,24 bc	39,34 ± 0,98 ab	18,34 ± 0,44 a	5,72 ± 0,25 b
kc 0,7	6,48 ± 0,18 d	37,39 ± 0,78 d	15,54 ± 0,34 c	6,29 ± 0,20 a
kc 0,9	7,86 ± 0,22 a	38,97 ± 0,73 bc	15,59 ± 0,33 c	6,21 ± 0,22 a
Control	7,45 ± 0,17 b	40,61 ± 0,66 a	18,06 ± 0,40 a	6,19 ± 0,22 a
Promedio	7,16 ± 0,19	38,77 ± 0,77	16,96 ± 0,39	6,12 ± 0,22
C. Variación	23,7	17,85	20,84	31,93
p-value	< 0,0001	0,0001	< 0,0001	0,0716

Fuente de variación	Peso de cascara (g)	Peso de pulpa (g)	Contenido Jugo (ml)	# Semillas
Tratamientos				
kc 0,3	7,14 ± 0,15 bc	37,42 ± 0,75 c	17,3 ± 0,52 c	6,45 ± 0,21 a
kc 0,5	6,78 ± 0,26 c	39,71 ± 0,98 b	17,29 ± 0,51 c	6,16 ± 0,19 ab
kc 0,7	7,18 ± 0,26 bc	39,8 ± 1,10 b	18,38 ± 0,49 b	5,75 ± 0,24 b
kc 0,9	7,46 ± 0,21 b	38,42 ± 0,68 ab	15,68 ± 0,32 d	6,04 ± 0,22 ab
Control	8,6 ± 0,18 a	43,46 ± 0,84 a	19,72 ± 0,52 a	6,36 ± 0,25 a
Promedio	7,43 ± 0,21	39,76 ± 0,87	17,67 ± 0,47	6,15 ± 0,22
C. Variación	26,28	19,71	24,16	32,49
p-value	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0157

Leyenda: La tabla indica la media, el error estándar y letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

La tabla 5, muestra los valores promedios para grados brix, acidez titulable, pH y rendimiento con aplicación de riego en los diferentes k_c , en época seca hay diferencias significativas, siendo el tratamiento con k_c 0,3 con promedio de 7.98 presenta el menor porcentaje de grados brix, mientras que en acidez titulable los tratamientos con k_c de 0,3, 0,7 y control con promedios de 7

fueron los que presentaron mayor concentración y no mostraron diferencias significativas, no obstante los tratamientos con k_c de 0,5 y 0,9 con promedio de 6.82 presentaron menor concentración y habiendo diferencias significativas, mientras que el pH el tratamiento con k_c de 0,9 con promedio de 2.14 fue el que presento menor pH, en rendimiento no mostro diferencias significativas en la época seca. En la época lluviosa los tratamientos con k_c de 0,3, 0,7 y control presentaron promedio de 7.83 mostraron menor grados brix y no presentaron diferencias significativas, no obstante, los tratamientos con k_c 0,5 y 0,9 con promedios de 8.17 presentaron mayor grado brix presentando diferencias significativas, mientras que en acidez titulable los tratamientos con k_c 0,3 y 0,5 presentaron mayor concentración con promedio de 7.11, mientras que el pH con el tratamiento del k_c de 0,9 con promedio de 2.14 fue el que presento menor pH, mientras que en rendimiento el tratamiento con k_c de 0,5 fue el de mayor producción con promedio de 10089,74 kg/ha (tabla 5). De acuerdo al Sistema de Información Agropecuaria (SIPA, 2018), los rendimientos en la provincia de Manabí fluctúan entre 12,075 t/ha en producción en una superficie cosechada de 1.880 entre monocultivos y cultivos asociados. Robles *et al*, (2017), reportaron que en limón Verna, injertados en dos portas injertos *Citrus macrophylla* y naranja agria (*Citrus aurantium* L.), la calidad del fruto se vio afectado por el tratamiento de riego por déficit regulado (RDI) de manera similar en ambos portainjertos, pero con aumento de la acidez titulable como del TSS. Por otro lado, Conesa *et al*, (2018), realizaron dos experimentos de riego deficitario en árboles comerciales de mandarinas, donde la calidad del fruto (acidez titulable, piel C y ácidos ascórbico y glutámico) se vieron afectadas por el almacenamiento en frío por las diferencias entre los tratamientos del riego deficitario regulado (RDI).

Tabla 5. Valores promedios grados brix, acidez titulable, pH y rendimiento del limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) en los diferentes coeficientes de cultivo (k_c), en las época seca y lluviosa.

Epoca seca				
Fuente de variación	° Brix	A. Titulable (%)	pH	Rendimiento (Kg/ha)
Tratamientos				
kc 0,3	7,98 ± 0,09 c	6,98 ± 0,07 a	2,15 ± 0,005 bc	8623,71 ± 55,9 a
kc 0,5	8,17 ± 0,10 b	6,81 ± 0,07 b	2,16 ± 0,01 ab	9301,98 ± 379,4 a
kc 0,7	8,5 ± 0,09 a	7,02 ± 0,06 a	2,16 ± 0,01 a	8429,92 ± 375,3 a
kc 0,9	8,07 ± 0,11 bc	6,83 ± 0,07 b	2,14 ± 0,004 c	9108,19 ± 387,6 a
Control	8,21 ± 0,09 b	7 ± 0,05 a	2,17 ± 0,004 a	8865,95 ± 604,5 a
Promedio	8,19 ± 0,10	6,93 ± 0,064	2,16 ± 0,007	8526,8 ± 360,5
C. Variación	9,6	7,95	2,45	9,99
p-value	< 0,0001	0,0004	< 0,0001	0,6476
Epoca lluviosa				
Fuente de variación	° Brix	A. Titulable (%)	pH	Rendimiento (Kg/ha)
Tratamientos				
kc 0,3	7,75 ± 0,07 b	7,15 ± 0,08 a	2,15 ± 0,005 bc	8633,40 ± 0,0025 b
kc 0,5	8,1 ± 0,09 a	7,07 ± 0,06 a	2,16 ± 0,003 b	10089,74 ± 191,8 a
kc 0,7	7,82 ± 0,10 b	6,89 ± 0,08 b	2,16 ± 0,01 ab	9103,44 ± 85,5 ab
kc 0,9	8,24 ± 0,10 a	6,9 ± 0,06 b	2,14 ± 0,004 c	8644,06 ± 61,2 b
Control	7,78 ± 0,10 b	6,75 ± 0,05 c	2,17 ± 0,005 a	9009,60 ± 580 ab
Promedio	7,94 ± 0,09	6,95 ± 0,07	2,16 ± 0,005	9514,2 ± 183,7
C. Variación	10,3	8,45	2,15	5,56
p-value	< 0,0001	< 0,0001	0,0001	0,0105

Leyenda: La tabla indica la media, el error estándar y letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos del limón sutil se puede concluir que:

- La planta de limón sutil al sufrir un estrés por déficit hídrico, produce un cierre de estomas en las hojas, disminuyendo el potencial hídrico y la conductancia en los estomas, sin embargo en época lluviosa se evidencia la recuperación del limón tras ser sometida al déficit hídrico, producto de las lluvias.
- La g_s está en relación al Ψ_{tallo} , es decir que, si los Ψ_{tallo} son mayores, la g_s serán de mayor conductancia, sin embargo, el Ψ_{tallo} al ser menor, la g_s serán de menor conductancia.
- En época seca por medio de las herramientas de medidas a estrés como potencial y conductancia se logra observar la rusticidad del limón, es decir la tolerancia a sequía, sin embargo, con láminas saturadas de agua ($k_c=0,9$) se observa un rápido deterioro de la planta.
- La planta a ser sometida a un estrés moderado obtendrá mayor crecimiento de fruto, sin embargo, al ser sometida la planta a inundación se verán afectados en etapas fenológicas como; floración, cuajados y desarrollo de frutos, provocando una fuerte caída de estos, al haber estrés puede inhibir la fotosíntesis reduciendo el aporte de carbohidratos al fruto, deteniendo su crecimiento.
- La fenología de un cultivo permite conocer el comportamiento en cuanto al crecimiento y desarrollo del cultivo por lo que es prioritario realizar estos estudios para realizar un manejo adecuado al cultivo.
- Al haber estrés hídrico severo afecta la calidad del fruto, puesto que la acidez titulable y grados brix aumentan y disminuyendo el contenido de jugo, además de reducir la consistencia y turgencia de la cascara, haciéndole más vulnerable a factores externos.

IX. RECOMENDACIONES

- Ampliar la investigación referente a los coeficientes de cultivo en limón sutil, debido a que no están reportados para Ecuador.
- La FAO recomienda unos valores, mientras que en la investigación se logró ver que estos valores recomendados no funcionaron en el crecimiento y producción de la fruta, siendo el Kc 0,5 el más eficiente, por lo que se debería estudiar a profundidad estos coeficientes de cultivo.
- Uno de los problemas crecientes en el cambio climático es la sequía, es primordial ser eficientes en el uso del agua, por lo que se recomienda aplicar la investigación en temas de estrés específicamente en limón sutil, ya que este cultivo es prioritario para la provincia, utilizando estrategias de ahorro de agua como la restricción hídrica para lograr producir de forma eficiente con menos cantidad.
- El riego con el control de la evaporación ambiental resulta ser una estrategia para el productor, sin embargo, debe potenciarse la investigación con respecto a esta forma de regar, para medir la eficiencia del método o ajustarlo a las condiciones y requerimiento de cada cultivo.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M. (2002). Citricultura, 1ª Editorial Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 324 pp.
- Arias, M., Borges, A., Diaz, P., Ferenczi, A., & Severino, V. (2019). Leaf proline content and its relation to fruit load and flowering in citrus under field conditions. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(2).
- Banks, J., & Hiron, A. D. (2019). Alternative methods of estimating the water potential at turgor loss point in Acer genotypes. *Plant methods*, 15(1), 34.
- Basu, S., Ramegowda, V., Kumar, A., & Pereira, A. (2016). Plant adaptation to drought stress. *F1000Research*, 5.
- Beléndez, C., Francés, J., Ortuño, M., Gallego, S., Márquez, A., Beléndez-Vázquez, T., y Arribas, E. (2013). El frasco de Mariotte: vaciado de un depósito a velocidad constante.
- Bermejo, A., Granero, B., Mesejo, C., Reig, C., Tejedo, V., Agustí, M., & Iglesias, D. (2018). Auxin and gibberellin interact in citrus fruit set. *Journal of plant growth regulation*, 37(2), 491-501.
- Caballero, M. (2018). Determinación de la fenología del limón sutil [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] bajo distintos niveles de humedad. (tesis de pregrado inédita), Universidad Técnica de Manabí. Santa Ana, Ecuador.
- Caballero, M., Caballero, H., Cobeña, G., y Solórzano, C. (2019). Reproductive development of lemon (*Citrus aurantifolia* Swingle) under different soil moisture levels. *Peruvian Journal of Agronomy*, 3(1), 6-15.

- Cánovas Ros, E. (2012). Influencia del riego deficitario controlado y agua regenerada en arboles jóvenes de pomelo. Tesis de maestría. Universidad Politécnica de Cartagena, ES. 56p.
- Chen, L., Lin, C., & Chung, K. (2012). Roles for SKN7 response regulator in stress resistance, conidiation and virulence in the citrus pathogen *Alternaria alternata*. *Fungal genetics and biology*, 49(10), 802-813.
- Chile, G. (2008). Plan de trabajo para la exportación de limón Tahití-limón sutil desde Ecuador a Chile. Ecuador. Recuperado el 07 junio del 2019, de http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/sanidad-vegetal/4-moscas-de-la-fruta/Lim%C3%B3n%20sutil%20y%20tahiti_Chile.pdf
- Conesa, M., Jose, M., Trujillo, J., Miguel, R., & Pastor, A. (2018). Déficit irrigation in commercial mandarin trees: water relations, yield and quality responses at harvest and after cold storage. *Spanish journal of agricultural research*, 16(3), 23.
- Delgado, Y. (2018). Efecto del déficit hídrico y frutos sobre la floración, rendimiento y calidad del limonero sutil (*Citrus aurantifolia* Swing) en la zona de Jayanca, Lambayeque. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú
- Espinoza, J., y Cuenca, K. (2017). Caracterización y manejo sustentable en sistemas de riego por aspersión para el cultivo de limón (*Citrus aurantifolia* L.) en Rio Chico, Portoviejo. Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador.
- Figueroa, A. (2015). Situación actual de los citricultores del valle del rio Valdivia, Santa Elena, bajo el enfoque del marco de capitales. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 105p.
- Frias, J. (2017). Introduccion de nuevas herramientas de gestión para el control de los recursos hídricos y nutricionales en la agricultura bajo diferentes sistemas de riego (Memoria Doctorado, Universidad de Sevilla). Recuperado de <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/65266>
- Galecio, M. (2011). El riego con polímeros hidrosorb como alternativa en el riego de plantaciones de limonero (*Citrus aurantifolia* Swingle) en el valle cieneguillo sur.

file:///D:/Descargas/FINAL%20PROYECTO%20LIMONGR2011%20(Reparado).pdf

- Garcia, A., Vieira, G., Peterle, G., Bonadiman, P., Junior, J., Grazzioti, R., & Neto, A. (2019). Options for Reference Evapotranspiration Estimation in Northern Espírito Santo and Eastern Minas Gerais States, Brazil. *Journal of Experimental Agriculture International*, 1-14.
- García, B. (2014). Estudio de mercado y prefactibilidad del cultivo de limón Tahití (*Citrus aurantifolia*) en la provincia de Santa Elena. UCSG, Matriz. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Guayaquil-Ecuador.
- García, I., Romero, R., Jiménez, J., Martínez, G., Duran, V., & Muriel, J. (2010). Response of citrus trees to deficit irrigation during different phenological periods in relation to yield, fruit quality, and water productivity. *Agricultural Water Management*, 97(5), 689-699.
- Garzón, D., Vélez, J., y Orduz, J. (2013). Efecto de déficit hídrico en el crecimiento y desarrollo de frutos de naranja Valencia (*Citrus sinensis* Osbeck) en el piedemonte del Meta, Colombia. 62 (2) pp. 136-147
- Gasque, M., Martí, P., Granero, B., & González, P. (2016). Effects of long-term summer deficit irrigation on 'Navelina' citrus trees. *Agricultural Water Management*, 169, 140-147.
- Gonzalez, V., Ruz, C., Tesi, L., Orgaz, F., & Fereres, E. (2018). The impact of deficit irrigation on transpiration and yield of mandarin and late oranges. *Irrigation science*, 36(4-5), 227-239.
- Grilo, F., Di Stefano, V., & Lo Bianco, R. (2017). Deficit irrigation and maturation stage influence quality and flavonoid composition of 'Valencia' orange fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(6), 1904-1909.

- Infoagro. (2018). Estrés en las plantas. Recuperado en <https://infoagronomo.net/estres-en-las-plantas/?fbclid=IwAR2DakQDu4v36vsxfadTMHeqsACZqjFF3p2vqlA0vjdlE06QNbSIzwXoVUM>
- Iwasaki, N., Hori, K., & Ikuta, Y. (2019). Xylem plays an important role in regulating the leaf water potential and fruit quality of Meiwa kumquat (*Fortunella crassifolia* Swingle) trees under drought conditions. *Agricultural water management*, 214, 47-54.
- Julhia, L., Belmin, R., Meynard, J., Pailly, O., & Casabianca, F. (2019). Acidity drop and coloration in clementine: implications for fruit quality and harvesting practices. *Frontiers in plant science*, 10, 754.
- Kenneth, L., y Henríquez, C. (2015). Distribución especial de la humedad y su relación con la textura en el suelo. Universidad de Costa Rica San José. Costa Rica
- Khan, M., Fatma, M., Per, T., Anjum, N., & Khan, N. (2015). Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Frontiers in Plant Science*, 6, 462.
- Licciardello, C., Tononi, P., Rossato, M., Delledonne, M., y Caruso, P. (2019). A transcriptional analysis reveals an extensive range of genes responsible for increasing the tolerance of Carrizo citrange to oxygen deficiency. *Tree Genetics & Genomes*, 15(2), 19.
- Mira, A., Conejero, W., Vera, J., & Ruiz, M. (2019). Efecto del déficit hídrico en postcosecha de limoneros. In *Actas del XXXVII Congreso Nacional de Riegos*, Don Benito (Badajoz), 4-6 de junio de 2019. Asociación Española de Riegos y Drenajes y la Universidad de Extremadura.
- Medina, J., Sauls, J., Wiedenfeld, R., y Shad, N. (2017). Los impactos del riego de cítricos. Recuperado el 16 mayo del 2019, de

- <https://aglifesciences.tamu.edu/baen/wp-content/uploads/sites/24/2017/01/B-6205S-Impacts-of-Irrigation-on-Citrus-Spanish-version.pdf>
- Moreno, A., y Fischer, G. (2014). Efectos del anegamiento en los frutales. Una revisión. *Temas agrarios*, 106-123.
 - Moreno, L. (2009). Repuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. *Agro. Colombia*. 27(2), 179-191. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/img/revistas/agc/v27n2/v27n2a06.pdf>
 - Novick, K., Konings, A., & Gentine, P. (2019). Beyond soil water potential: An expanded view on isohydricity including land-atmosphere interactions and phenology. *Plant, cell & environment*, 42(6), 1802-1815.
 - Nuñez, M., Dell'Amico, J., Pérez, M., y Betancourt, M. (2017). Estrés hídrico y salino en cítricos. Estrategias para la reducción de daños. *Cultivos tropicales*, 38(4), 65-74. Recuperado en 17 de julio de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000400004&ing=es&tlng=es.
 - Oliveira, C., Mello, P., Agostinetto, D., Yamamoto, R., & Maruques, L. (2018). The Irrigation Deficit and Its Effects on Physiology and Phenology of 'Navelate' Oranges Trees in Brazil. *Journal of Experimental Agriculture International*, 1-9.
 - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2017). Producción del cultivo de limón. Obtenido de [fao.org/statistics:](http://www.fao.org/statistics/) <http://www.fao.org/statistics/es/>
 - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2006). Coeficientes de cultivos para cítricos en época lluviosa y época seca. Vol. No. 24, Roma.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2011). Normas del codex para lima-limón, Obtenido de <https://docplayer.es/35197826-Norma-del-codex-para-la-lima-limon-codex-stan.html>
- Panchana, S. (2015). Estudio de factibilidad para la implementación de un centro de acopio de limón en la comuna sinchal, cantón Santa Elena. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Estatal Península de Santa Elena. UPSE. 82p.
- Panigrahi, P., & Srivastava, A. (2017). Wáter and nutrient management effects on water use and yield of drip irrigated citrus in vertisol under a sub-humid región. *Journal of integrative agriculture*, 16(15), 1184-1194.
- Pedrero, F., Maestre, J., Mounzer, O., Alarcón, J., & Nicolás, E. (2014). Physiological and agronomic mandarin trees performance under saline reclaimed wáter combined with regulated déficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 146, 228-237.
- Pereida, J., Noriega, D., Gonzales, R., y López, M. (2014). Producción Orgánica de Limón Mexicano. Guerrero-México: INIFAP.
- Pérez, J., Robles, J., & Botia, P. (2014). Effects of déficit iirrigation in different fruit growth stages on 'Star Ruby' grapefruit trees in semi-arid conditions. *Agricultural water management*, 133, 44-54.
- Quishpe, C., Gámiz, S., García, M., Castro, Y., & Esteban, M. (2019). Tropical Pacific sea Surface temperatura influence on seasonal streamflow variability in Ecuador. *Internatinal Journal of Climatology*, 39(10), 3895-3914.
- Releb, I., Pastor, V., & Mauch, B. (2014). Plant responses to simultaneous biotic and abiotic stress: molecular mechanisms. *Plants*, 3(4), 458-475.

- Rezabala, D. (2018). Efecto de distintas condiciones de humedad en el suelo, sobre el contenido de Auxina, Acido Abscisico, Prolina y parámetros hídricos en el cultivo de limón sutil [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle]. (tesis de pregrado inédita), Universidad Técnica de Manabí. Santa Ana, Ecuador.
- Rivadeneira, M., y Perini, S. (2016). Efecto de las inundaciones en la producción citrícola de entre Ríos, Recomendaciones de manejo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado en 18 de julio de 2019, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_concordia_efecto_inundaciones_2015-rivadeneira_y_perini.pdf
- Robles, J., Botía, P., & Pérez-Pérez, J. (2017). Sour orange rootstock increases water productivity in deficit irrigated 'Verna' lemon trees compared with *Citrus microphylla*. *Agricultural water management*, 186, 98-107.
- Robles, W. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de riego por aspersión y goteo en cultivo perennes. Loja-Ecuador.
- Romero, C., Nortes, P., Alarcon, J., Hunink, J., Parra, M., Contreras, S., & Nicolas, E. (2017). Effects of saline reclaimed waters and deficit irrigation on Citrus physiology assessed by UAV remote sensing. *Agricultural water management*, 183, 60-69.
- Romero, C., Parra, M., Bayona, J., Nortes, P., Alarcón, J., & Nicolás, E. (2017). Effect of deficit irrigation and reclaimed water on yield and quality of grapefruits at harvest and postharvest. *LWT-Food Science and Thecnology*, 85, 405-411.
- Rubio, J., Franch, V., López, F., Bonet, L., Buesa, I., & Intrigliolo, D. (2018). Towards a near-soelless culture for Woody perennial crops in open field conditions. *Scientia horticulturae*, 240, 460-467.

- Salem, A., Belghith, I., Lamine, M., Mliki, A., & Ghorbel, A. (2016). Physiological and ultrastructural responses of sour orange (*Citrus aurantium* L.) clone to water stress. *Photosynthetica*, 54(4), 532-541.
- Salgado, R., & Mateos, L. (2019). Evaluación de métodos para el cálculo de la evapotranspiración de los cultivos con vistas a la evaluación del desempeño de distritos de riego. In actas del XXXVII Congreso Nacional de Riegos, Don Benito (Badajoz), 4-6 de junio de 2019. Asociación Española de Riegos y Drenajes y la Universidad de Extremadura.
- Santistevan, M., Julca, A., y Helfgott, S. (2015). Caracterización de las fincas productoras del cultivo de limón. UPSE, 133-142 pp.
- Senamhi. (2016). Requerimientos edáficos climáticos del cultivo de limoneros. Ficha técnica. p. 25
- Silva, C., Molina, R., Back, L., Olivera, C., Frias, A., Zanutto, C., & Nunes, W. (2019). The effect of drought conditions on sweet orange (*Citrus sinensis*) plants infected with citrus tristeza virus (CTV). *Tropical Plant Pathology*, 1-8.
- Silva, M., Hernández, D., Freyre, L., & Fernández, L. (2019). Indicadores de cambio climático en las precipitaciones. *Revista Bases de la Ciencia*. e-ISSN 2588-0764, 4(2), 21-34.
- Sistema de Información Agropecuaria (SIPA) (2018). Registros Administrativos Agropecuarios. Disponibles: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/sipa-estadisticas/sipa-estadisticas-registros>.
- Syvertsen, J., & García, F. (2014). Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. *Environmental and Experimental Botany*, 103, 128-137.

- Tomas, M., Begueria, S., Vicente-Serrano, S., & Maneta, M. (2018). Optimal Interpolation scheme to generate reference crop evapotranspiration. *Journal of Hydrology*, 560, 202-219.
- Vegas, U., y Narrea, M. (2011). Manejo Integrado del Cultivo de Limón. Universidad Nacional Agraria la Molina. SULLANA-PIURA.
- Vélez, J., Álvarez, J., y Alvarado, O. (2012). El estrés hídrico en cítricos (*Citrus spp.*). ORINOQUIA. Colombia. 16 (2) pp. 32-39.
- Wu, Q., Srivastava, A., & Zou, Y. (2013). AMF-Induced tolerance to drought stress in citrus: a review. *Scientia Horticulturae*, 164, 77-87.
- Zaghloul, A., & Moursi, E. (2017). Effect of Irrigation Scheduling under some Biostimulants Foliar Application for Navel Orange Trees on some Water Relations, Productivity, Fruit Quality and Storability in the North Nile Delta Region. *Alexandria Sci. Exch. J*, 38, 671-685.
- Zandalinas, S., Rivero, R., Martínez, V., Gómez-Cadenas, A., & Arbona, V. (2016). Tolerance of citrus plants to the combination of high temperatures and drought is associated to the increase in transpiration modulated by a reduction in abscisic acid levels. *BMC plant biology*, 16(1), 105.

XI. ANEXO

Anexo 1: Medición de la profundidad de las raíces efectiva del árbol de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle)



Anexo 2: Medición de la metodología de la botella Marriotte



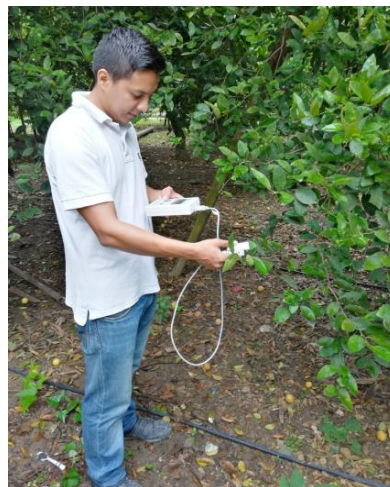
Anexo 3: Instalación del Sistema de riego por goteo



Anexo 4: Medición mediante la bomba Scholander



Anexo 5: Medición mediante el porómetro



Anexo 6: Selección y mediciones de primordios florales



Anexo 7: Evaluación de frutos marcados



Anexo 8: Extracción de muestra de suelo con ayuda de un barreno



Anexo 9: Cosecha del limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle)



Anexo 10: Datos de variables del limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) en laboratorio



Anexo 11: Sacando porcentaje de ácido cítrico y acidez pH

