

**Crecimiento de tres especies de cítricos injertados y propagados en
casas de malla antipulgón con diferentes condiciones ambientales e
infraestructura en Palmira Valle del Cauca**

Gustavo Acosta Herrera

**Trabajo de grado para optar por el título de
AGRÓNOMO**

Directora

Sandra Yamile Pulido PhD

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuaria y del medio Ambiente ECAPMA

Agronomía

Palmira 2020

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Palmira 25 mayo de 2020

Dedicatoria

Muy especialmente a mis padres por todo el esfuerzo y comprensión por haberme hecho hombre de bien, por sus consejos y todo el amor que tuvieron hacia nuestra familia.

A mi esposa e hijos que me apoyaron a continuar en los momentos difíciles que deseaba dejar todo votado y me animaron a salir adelante este proyecto aplazado en mi vida.

Al Padre Todopoderoso dueño de nuestra existencia, por permitirme en su infinita sabiduría, escalar este nuevo peldaño de conocimiento para mi formación académica, que facilitará un desempeño con mayor competitividad en mi vida laboral donde quiera que me abras caminos, como también a todos los docentes de la UNAD por el apoyo y amistad brindada.

Agradecimientos

El autor expresa sus más sinceros agradecimientos:

A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA; donde me desempeñé laboralmente, en cabeza de sus Directivos, como artífices del plan de formación y capacitación laboral y académica para el éxito misional de la institución con recurso humano capacitado además al personal científico y administrativo.

Al Ingeniero Agrónomo M.Sc. Mauricio Fernando Martínez, de AGROSAVIA C.I Palmira, por sus valiosos aportes y por haberme permitido realizar el trabajo de grado para optar al título de Agrónomo, en el proyecto “Crecimiento de tres especies de cítricos injertados y propagados en casas de malla anti pulgón con diferentes condiciones e infraestructura en Palmira Valle del Cauca”.

Al cuerpo de instructores de la UNAD CEAD Palmira, quienes con su compromiso institucional no ahorraron esfuerzo para la transmisión de sus conocimientos dentro de un verdadero proceso de aprendizaje.

Desarrollo de cítricos en ambientes protegidos	5
--	---

Contenido

1. Introducción	12
2. Objetivos	14
2.1 Objetivo general.	14
2.2 Objetivos específicos.	14
3. Marco conceptual y teórico	15
3.1 Crecimiento vegetal.	15
3.2 Propagación vegetativa o asexual qué es y ventajas	16
3.3 Características del material de propagación de cítricos	17
3.4 Condiciones ambientales necesarias para el desarrollo de cítricos	23
3.5 Condiciones que deben cumplir los sitios donde se realizan la propagación de cítricos	24
3.6 Estudios realizados en el mundo, Colombia y Valle del Cauca	27
4. Materiales y métodos	30
4.1 Localización	30
4.2 Material vegetal	30
4.3 Tratamientos realizados	30
4.4 Variables evaluadas	37
5. Resultados y análisis	39

Desarrollo de cítricos en ambientes protegidos	6 39
5.1 Variables climáticas	39
5.2 Variables de crecimiento.	43
6. Conclusiones	54
7. Recomendaciones	55
8. Referencias	56
9. Anexos	59

Lista de tablas

Tabla 1 Tratamientos realizados para evaluar el crecimiento de cítricos injertados	31
Tabla 2 Especificaciones de cinco ambientes diferentes para la producción de cítricos	32
Tabla 3 Valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar de la temperatura, en cuatro condiciones de casas de malla y uno a campo abierto, durante el periodo de agosto 2017 a enero 2018.	39
Tabla 4 Valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar de la humedad relativa, en cuatro condiciones de casas de malla y uno a campo abierto, durante el periodo de agosto 2017 a enero 2018	40
Tabla 5 Valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar del brillo solar, en cuatro condiciones de casas de malla y uno a campo abierto, durante el periodo de agosto 2017 a enero 2018.	41
Tabla 6 Variables de desarrollo y crecimiento de injertos de lima ácida Tahití sobre el portainjerto Sunky x English bajo cinco condiciones ambientales diferentes.	43
Tabla 7 Variables de desarrollo y crecimiento de injertos de naranja Frost Valencia sobre el portainjerto Sunky x English bajo cinco condiciones ambientales diferentes.	47
Tabla 8 Variables de desarrollo y crecimiento de injertos de mandarina Oneco sobre el portainjerto Sunky x english bajo cinco condiciones ambientales diferentes	50

Desarrollo de cítricos en ambientes protegidos 8

Lista de figuras

Figura 1 Tipos de estructura de cinco ambientes utilizados en el crecimiento de cítricos en fase de vivero 35

Figura 2 Materiales de cítricos Sunky x english, lima ácida Tahití, naranja Frost valencia y mandarina Oneco evaluados 36

Figura 3 Promedio, mínima y máxima de temperatura (°C), humedad relativa (%) y luz PAR ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) registrados en la casa de malla tipo capilla (T2) durante el período agosto 2017 – enero 2018 en Palmira Valle del Cauca. 42

Figura 4 Comportamiento y desarrollo de la lima ácida Tahití injertada sobre el portainjerto Sunky x english en cinco ambientes diferentes en Palmira Valle del Cauca. 46

Figura 5 Comportamiento del desarrollo de la naranja Frost Valencia injertada sobre el portainjerto Sunky x english en cinco ambientes diferentes en Palmira Valle del Cauca 49

Figura 6 Comportamiento y desarrollo de la mandarina Oneco injertada sobre el portainjerto Sunky x english, en cinco ambientes diferentes en Palmira Valle del Cauca 52

Desarrollo de cítricos en ambientes protegidos	9
--	---

Anexos

Anexo A. Formato de captura de información del proyecto	59
Anexo B. Promedio, mínima y máxima de temperatura (°C), humedad relativa (%) y luz PAR ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) registrados en la casa de malla plantas microinjertadas, tipo capilla (T1) durante el período agosto 2017 – enero 2018 en Palmira Valle del Cauca.	60
Anexo C. Promedio, mínima y máxima de temperatura (°C), humedad relativa (%) y luz PAR ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) registrados en la casa de invernadero automatizado, tipo ventilación cenital (T3) durante el período agosto 2017 – enero 2018 en Palmira Valle del Cauca	61
Anexo D. Promedio, mínima y máxima de temperatura (°C), humedad relativa (%) y luz PAR ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) registrados en la casa cuarentena, tipo capilla (T4) con doble cubierta, durante el período agosto 2017 – enero 2018 en Palmira Valle del Cauca.	62
Anexo E. Promedio, mínima y máxima de temperatura (°C), humedad relativa (%) y luz PAR ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) registrados en campo abierto (T5) durante el período agosto 2017 – enero 2018 en Palmira Valle del Cauca.	64
Anexo F. Distribución de los materiales de cítricos en el interior de una casa de malla o tratamiento.	65

Resumen

La citricultura colombiana se encuentra representada en la producción de naranjas, limones y mandarinas, en el ámbito nacional predomina la naranja Frost valencia sobre todo en la zona central cafetera, la lima ácida Tahití ofrece una buena perspectiva para su producción con destino a mercados internacionales y la mandarina Oneco es en estos momentos la de mayor área sembrada. La creciente problemática sanitaria a nivel nacional sobre el sector cítrico requiere que la producción de todo el material a nivel de vivero se realice en el interior de casas de malla antipulgón, condición que asegura la inocuidad del material producido y su longevidad en el tiempo.

En Colombia no se tienen resultados de investigaciones referentes al desarrollo de materiales de cítricos en ambientes protegidos. La presente evaluación fue desarrollada en cuatro diferentes ambientes protegidos ubicados en Agrosavia C.I Palmira, los resultados obtenidos a partir del seguimiento de variables de crecimiento de los tres materiales comerciales sobre el portainjerto Sunki x English y su interacción con las condiciones climáticas de cada ambiente nos permitieron concluir que las condiciones ambientales influyen en el desarrollo de los cultivares evaluados.

Palabras clave: ambientes protegidos, citricultura colombiana

Abstract

The Colombian citrus industry is represented in the production of oranges, lemons and tangerines, at the national level the Frost Valencia orange predominates especially in the central coffee zone, the Tahiti acid lime offers a good perspective for its production destined for international markets and The Oneco tangerine is currently the largest planted area. The growing national health problem on the citrus sector requires that the production of all the material at the nursery level be carried out inside the houses of antipulgón mesh, a condition that ensures the safety of the material produced and its longevity over time.

In Colombia there are no results of research regarding the development of citrus materials in protected environments. This evaluation was carried out in four different protected environments located in Agrosavia CI Palmira, the results obtained from the monitoring of growth variables of the three commercial materials on the Sunki x English rootstock and its interaction with the climatic conditions of each environment allowed us to conclude that the environmental conditions in which citrus cultivars develop influence the development of the evaluated cultivars.

Keywords: protected environments, Colombian citrus farming

1 Introducción

La producción de plantas de cítricos en ambientes protegidos en casas de malla antipulgón sigue siendo un sistema reciente en Colombia, con constantes mejoras en la tecnología, lo que justifica disponer de información relevante de desarrollo de plantas en la fase de injerto (Teixeira, 2009).

Agustí (2003) afirma que las condiciones ambientales en determinado sitio, afectan en conjunto el desarrollo de las plantas de cítricos (p. 105).

Los grandes países productores de cítricos a nivel mundial como Estados Unidos, Brasil, México, España, entre otros, han implementado que la producción de material de vivero se realice bajo un sistema de ambientes protegidos, logrando colocar las plantas de cítricos en esta fase, como un factor relevante en el sistema, esto ha redundado en la obtención de materiales con unos estándares genéticos y fitosanitarios que han influido en la productividad, resistencia y longevidad de las plantas adultas (Valle, 2002).

En la presente tesis se evaluó el desarrollo de tres materiales comerciales de cítricos lima ácida Tahití, naranja Frost valencia y mandarina Oneco injertados sobre el portainjerto Sunky x English, interactuando con cinco ambientes climáticos diferentes.

Se encontró mediante los resultados, un ambiente apropiado en cuanto a temperatura ($^{\circ}\text{C}$), humedad relativa (%) y luz PAR ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) que influyó en el desarrollo fisiológico de cada material, presentando mejores valores en altura de planta, número de hojas, área foliar y peso seco.

Evaluados los materiales cítricos propuestos, se pudo evidenciar que las condiciones climáticas en el interior de las casas de malla utilizadas para la producción de cítricos, están influenciadas por la localización geográfica del vivero, el tipo de estructura, sus dimensiones y los materiales utilizados en su construcción y además que el material vegetal producido bajo estos ambientes protegidos alcanzan un desarrollo óptimo en menor tiempo y se mejora su calidad fitosanitaria.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general.

Evaluar el crecimiento de tres especies de cítricos injertados y propagados en casas de malla antipulgón con diferentes condiciones ambientales y de infraestructura.

2.2 Objetivos específicos.

Realizar el seguimiento del crecimiento de los cultivares lima ácida Tahití, naranja Frost Valencia y mandarina Oneco, injertadas sobre el portainjerto Sunky x English y propagados bajo casas de malla para plantas madres micro injertadas, tipo capilla, para cuarentena e invernadero automatizado.

Determinar la interacción de condiciones climáticas con el crecimiento cultivares lima ácida Tahití naranja Frost Valencia, mandarina Oneco e injertadas sobre el portainjerto Sunky x English y propagados bajo casas de malla para plantas madres micro injertadas, tipo capilla, para cuarentena e invernadero automatizado.

3. Marco conceptual y teórico

3.1 Crecimiento vegetal.

“Hunt (1978), Radosevich y Holt (1984), Gardner *et al.* (1985) definen el crecimiento como un incremento irreversible en el tamaño de las plantas el cual a menudo es acompañado por cambios en la forma. Otros autores indican que el crecimiento es un aumento constante en el tamaño de un organismo, acompañado de procesos como la morfogénesis y la diferenciación celular (Taiz y Zeiger 2006). Mohr (1995) define que el crecimiento de los diferentes órganos de las plantas, es un proceso fisiológico complejo, que depende directamente de la fotosíntesis, la respiración, la división celular, la elongación, la diferenciación, entre otros, y que además está influenciada por factores como temperatura, intensidad de luz, densidad de población, calidad de la semilla, disponibilidad de agua y de nutrientes. A primer nivel de estudio, el crecimiento de las plantas, se centra en el aumento de materia seca en el tiempo (Goudriaan y Van Laar 1995). El análisis de crecimiento es una aproximación cuantitativa, que usa datos simples y básicos, para la descripción e interpretación de las plantas que crecen bajo ambiente natural, seminatural o controlado, de acuerdo con Hunt (1978, 2003) y Hunt et ál. (1984)” Citados por (Melgarejo 2010, p. 25)

3.2 Propagación vegetativa o asexual que es y ventajas

3.2.1 Propagación vegetal.

Técnica donde se requiere de la unión física y fisiológica de un portainjerto y una copa para la producción de una planta completa. Sin embargo, algunos detalles son únicos y propios y el conocimiento de ellos puede definir el éxito de la inversión (Platt y Opitz, 1973). El vivero es el lugar donde se realiza este tipo de propagación además de producirse las plantas que constituyen el material vegetal a utilizar en la creación de las futuras plantaciones. De la elección de este material (variedad y patrón), de los cuidados durante su desarrollo en el vivero, de la calidad de las plantas producidas (vigor, homogeneidad, estado sanitario), dependen en gran medida la longevidad y la producción de la plantación (Louserrt, 1992).

(Hartmann y Kester, 1991) propone que, en la propagación y cultivo de plantas jóvenes de vivero, las instalaciones y procedimientos se deben disponer de manera que se optimice la respuesta de las plantas a los cinco factores fundamentales del ambiente que influyen en su crecimiento y desarrollo: luz, agua, temperatura, aire y nutrientes minerales. Además, las plantas jóvenes de vivero requieren protección contra patógenos y otras plagas, cuando la multiplicación se realiza al aire libre es difícil manejar dichas condiciones ambientales.

3.2.2 Partes de un injerto.

Se ha dado el nombre de injerto, a la práctica cultural que consiste en unir dos porciones de tejido vegetal vivo, procedentes de una misma planta o plantas diferentes, para que se contacten entre sí y sigan viviendo, comportándose, a partir de entonces, como una sola planta. A la acción de llevarla a cabo se llama injertar, la parte que se injerta es, siempre, una o más yemas y se les llama injerto, aunque las ramas que surgen de dichas yemas, por extensión, también se les denomina así, y al receptor que mantiene el sistema radículas se le conoce como patrón (Platt y Opitz 1973).

La utilización de portainjertos en frutales está justificada ya que por este método se mejora la resistencia a plagas y enfermedades de los cultivares producidos y se acelera la entrada en producción de los cultivos.

3.3 Características del material de propagación de cítricos

La propagación de los cítricos, como la de los demás vegetales, puede realizarse por semilla o mediante la multiplicación vegetativa: acodo, estaca e injerto. Cuando se utiliza la propagación por semilla se producen plantas rústicas, vigorosas y longevas; sin embargo, como un gran número de variedades comerciales carecen de semillas, la reproducción por semilla se destina, casi exclusivamente a la obtención de patrones para injertar.

La propagación de los cítricos en contenedores y dentro de invernaderos, fue descrita por, (Castle *et al* (1987) “la divulgación del método ocurrió a partir de 1973 y fue citado como un sistema destinado a la producción de plantas con objetivos científicos”.

En la actualidad, la práctica de la producción de cítricos en contenedores plásticos (bolsas) es divulgada y utilizada en el todo mundo. El fin primordial de estos sistemas es la producción de plantas de alta calidad, basada principalmente en el éxito obtenido en la producción de plantas forestales.

“La planta de vivero es uno de los insumos más importantes para la formación de una plantación de cítricos, teniendo en cuenta el carácter perenne del cultivo” (Carvalho *et al.* 2005).

“La importancia de la planta de vivero radica en el hecho de que el potencial máximo de producción y de calidad de las frutas será revelado entre 6 y 8 años después de plantada, y la longevidad de la plantación solamente se sabrá en un intervalo de tiempo aún mayor” (Sobrinho, 1991).

En una planta de vivero recae la calidad de la producción futura del sector cítrico, materiales de baja calidad inducen a cultivos improductivos y hacer inviable un negocio lucrativo.

En el portainjerto de cítricos se injerta una yema del material comercial de la cuál se originan tallos, hojas y flores de una nueva planta, éste influye en más de 20 características distintas a las suyas, como, incidencia en el tamaño del fruto y su precocidad, en algunos casos proporciona características que mejoran el sistema radicular

de la variedad, lo cuál ofrece resistencia a la sequía, tolerancia al encharcamiento, a enfermedades y/o plagas de las raíces, mejora la absorción de los nutrientes, entre otros aspectos.

El objetivo productivo de un cultivo de cítricos, depende en gran medida de la selección del portainjerto ya que en el mercado existe una amplia gama de materiales que cumplen ésta función de acuerdo a las condiciones de suelo, clima, variedad y objetivo productivo.

Las características esenciales de un buen portainjerto para cítricos según, Agustí (2003) son: combinación variedad/patrón tolerante al virus de la tristeza de los cítricos (CTV), Tolerancia a enfermedades (*Phytophthora* spp., Nematodos, etc.), buena adaptación a condiciones de suelo (salinidad, suelos pesados), agua y clima (bajas temperaturas), buena compatibilidad patrón/variedad, control del vigor de la variedad injertada, en ambientes determinados, rápida entrada en producción, productividad elevada y continua, buena calidad de fruta (calibre, sólidos solubles, y acidez) con baja susceptibilidad a desordenes, fácil cultivo y multiplicación en vivero.

Se debe considerar que no existe el portainjerto perfecto para cada situación, es por eso, que al momento de definir una plantación se debe ponderar las virtudes y defectos de cada patrón con respecto a las condiciones edafoclimaticas particulares en la instalación, a la variedad que se desea producir y a los mercados de destino a los que se espera llegar.

“Dada la importancia que los patrones ejercen sobre la calidad y aspecto del fruto de las variedades injertadas, así como sobre otras importantes características, el estudio de las variedades de cítricos no está completo sin señalar algunas de las características más destacadas de los patrones. La longevidad, crecimiento y producción del árbol y la calidad del fruto son aspectos de gran importancia y en la actualidad existe un gran número de patrones, algunos son especies naturales y otros son híbridos artificiales” (Saunt, 1992).

“Predecir el resultado de un injerto es muy complicado, de un modo general se puede decir que el éxito del injerto va íntimamente ligado a la afinidad botánica de los materiales que se injertan, por un lado, afinidad morfológica, anatómica de constitución de sus tejidos, o lo que es lo mismo, que los haces conductores de las dos plantas que se unen tengan tamaño semejante y estén en igual número aproximadamente, de otro afinidad fisiológica, de funcionamiento y analogía de savia en cuanto a cantidad y constitución. A esa capacidad de unión de dos plantas para desarrollarse de modo satisfactorio desde el punto de vista de la producción como una sola planta compuesta se llama compatibilidad” (Castro, 2005).

“La incompatibilidad es un factor influyente en el éxito del injerto. Los portainjertos tienen un efecto sobre el vigor de la variedad injertada y depende de la afinidad de su unión, cuando es perfecta, el comportamiento del árbol, es óptimo” (Agustí, 2003).

El portainjerto Sunki x English es un híbrido intergenérico (Citrandarines) de naranja trifoliada *Poncirus trifoliata* x *Citrus. Sunki*); a logrado posicionarse como el más

resistentes a *Phytophthora* evaluados en Colombia, es tolerante a tristeza, Xiloporosis, y humedad del suelo, presenta susceptibilidad a exocortis y a suelos salinos, además influye en el porte o altura final del árbol, es poliembrionario, pero tiene una mayor proporción de plántulas cigóticas que muchos otros portainjertos.

“El limón Tahití o persa (*Citrus latifolia*), corresponde al grupo de limas ácidas, sin embargo, su origen no es claro. Debido a que es un triploide y no produce polen viable los frutos no tienen semillas” (Saunt 1992).

“Fue introducido a Colombia en Palmira (Valle) en 1941 y los materiales que se cultivan actualmente se originaron de una selección nucelar de dos árboles en 1968. Por su precocidad y productividad, los productores colombianos han tenido un especial interés en su producción con destino a mercados internacionales y durante los últimos 15 años han incrementado las siembras y la producción de este material, desplazando variedades tradicionales en los mercados nacionales” (Ríos, 1976)

Naranja Frost Valencia (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck se originó en la China, es clasificada como de cosecha tardía en el subtrópico (Jackson y Davies, 1999, citados por Ordúz y Garzón, 2012). Es la variedad de naranja dulce más cultivada en las regiones cítricas del mundo al igual que en Colombia, siendo las regiones subtropicales las responsables de más del 85% de la producción normal; los principales países productores son Brasil, Estados Unidos, México, India y China. (FAO, 2009, citado por Ordúz y Garzón, 2012) Es una plántula nucelar derivada alrededor de 1915 por HB Frost del Citrus Research Center, Riverside, y lanzada en 1952. Excepcionalmente vigorosa y

productiva, es la más antigua de las selecciones de yemas nucelares de California y actualmente la más popular.

“La mandarina Oneco, pertenece al grupo de mandarinas blancas de la especie *Citrus reticulata*. Es originaria de la India; su nombre proviene de un vivero de cítricos de Oneco Florida. Fue introducida a Colombia en Palmira (Valle) en 1933; es una variedad muy adaptada al trópico. Fue seleccionada por el ICA de un clon nucelar, con características superiores en producción y calidad al material originalmente introducido. Es la variedad de mandarina más cultivada en Colombia y muy apetecida en el mercado nacional por sus cualidades como el fácil desprendimiento de la corteza y su exquisito sabor” (Ríos 1976).

Se denomina fruta doble propósito, buena para la industria por su calidad y abundante jugo y para el hogar por su agradable sabor.

Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2018), en nuestro país, existen cerca de 100.000 hectáreas sembradas de cítricos con una producción promedio de 15.4 ton/ha constituidas principalmente por tres productos: naranjas (Valencias, Salustiana, SweetyOrange), mandarinas (Arrayana, Oneco, Clementinas) y limones (lima ácida Tahití y pajarito, lima Rampur o limón mandarino). La producción de cítricos se da en todo nuestro territorio nacional, pero se concentra en seis núcleos productivos Costa Atlántica: (Atlántico, Magdalena, Cesar, Bolívar); Nor–Oriente: (Santander, Norte de Santander, Boyacá); Centro: (Cundinamarca, Tolima, Huila); Llanos Orientales:(Meta, Casanare); Occidente: (Antioquia, Valle del Cauca, Caldas, Risaralda, Quindío) y Sur: (Cauca, Nariño). Su comercialización se hace principalmente en fresco, con un desarrollo

agroindustrial incipiente en el sector, pero es cierto que existe un gran potencial de desarrollar subproductos derivados de los cítricos de comercialización internacional tales como pulpas, aceites esenciales y jugos.

3.4 Condiciones ambientales necesarias para el desarrollo de cítricos

Agustí, 2003 menciona que probablemente la variable climática más importante en la determinación del desarrollo vegetativo de los cítricos es la temperatura, los árboles de cítricos pueden vivir sin daños importantes a temperaturas entre 0 y 50°C, los valores cercanos a los 0°C disminuyen la actividad metabólica y generan un daño celular por congelamiento, mientras que por encima de 50°C se observan daños en las plantas por destrucción de tejidos enzimáticos que afectan la fotosíntesis y se genera también daño por estrés hídrico. Los estudios desarrollados por el mismo autor, sugieren que el rango de temperaturas óptimas para el cultivo de los cítricos se establece entre 23 y 34 °C, señalándose como valor máximo de cultivo sin efectos secundarios.

No existe trabajos de investigación sobre la producción de materiales comerciales de cítricos en Colombia en casas de malla antipulgón lo que hace necesario generar dicha información para que cada viverista tenga la certeza del comportamiento de los tres materiales comerciales producidos bajo condiciones protegidas y escogidos por ser los que presentan mayor demanda en el mercado por su calidad y el portainjerto Sunki x English por su buen desarrollo tanto en vivero como en el campo. En cítricos se utilizan una gran variedad de injertos, pero en la actualidad el de T invertida es el más utilizado

debido a la facilidad de realizarlo y al gran porcentaje que se tiene de prendimiento de yemas injertadas.

Kraub (2003) afirma que la fotosíntesis es un proceso muy importante para la biosfera al convertir la energía de la radiación solar en energía química utilizada en todas las formas de vida. En las plantas ocurre a nivel subcelular en una organela llamada cloroplasto que se encuentra en mayor medida en células de las hojas.

McCree (1972) argumenta que para caracterizar la energía en el estudio de la fotosíntesis, se realiza mediante la medición de flujo de fotones comprendidos entre 400 y 700 ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$).

3.5 Condiciones que deben cumplir los sitios donde se realizan la propagación de cítricos

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), responsable de adoptar las medidas necesarias para hacer efectivo el control de la sanidad animal y vegetal, así como de ejercer el control técnico en la producción y comercialización de semillas para siembra, regula la producción de material vegetal de cítricos.

“Los requisitos para el registro ante dicha entidad de los viveros y/o huertos básicos productores y/o comercializadores de semilla sexual y/o asexual (material vegetal de propagación) de cítricos, así como los requisitos fitosanitarios para la conservación, producción, certificación y distribución de material de propagación de cítricos en viveros, en el territorio nacional con la cual se establecen las normas específicas que regulen los viveros y/o huertos básicos.

Ante la presencia en Colombia de la enfermedad más devastadora de los cítricos, denominada Huanglongbing (HLB), exige que los viveros estén cubiertos con mallas antiáfidos para protegerlo del posible ingreso del vector, considerando también que esta y otras enfermedades de gran importancia económica y cuarentenaria transmitidas por insectos representan un alto riesgo en la producción de material de propagación de cítricos a cielo abierto.

El ICA como ente de vigilancia sanitaria de los viveros de propagación de cítricos, debe garantizar la procedencia y la calidad del material vegetal, con lo cuál se previene la introducción y diseminación de enfermedades y plagas en el territorio nacional.

Las áreas de producción de cítricos en el territorio nacional, están en constante crecimiento, debido al incremento de la demanda nacional e internacional, lo que hace necesario proporcionarle al productor de cítricos, materiales de propagación de alta calidad productiva, genética y fitosanitaria, que garanticen adecuados rendimientos y sostenibilidad de la producción. La citricultura colombiana no cuenta con un programa de certificación para la producción de los materiales de propagación, que garantice la calidad sanitaria y genética, para el establecimiento de cultivos sanos” (Resolución número 00012816 de (2019).

3.5.1 Especificaciones para diseño de invernadero.

Los viveristas que quieran continuar como productores de material vegetal de cítricos, deben alcanzar la certificación del ICA, que a su vez les exigirá que toda la producción de sus materiales la desarrollen bajo condiciones de casas de malla antipulgón.

Los invernaderos son estructuras de diferentes materiales que soportan la cubierta de polietileno y la malla antiáfidos, sus dimensiones van de acuerdo a las necesidades, capacidad y reproducción del viverista, dichas estructuras ofrecen protección contra plagas y acelera algunas variables de crecimiento de las plantas producidas en su interior.

Algunas características en la infraestructura de las casas malla utilizadas como vivero se encuentra que su cubierta total sea una malla antiáfidos cuyo tamaño de poros debe ser máximo de 0,87 x 0,30mm, con una antecámara de doble puerta, ventilador de contraflujo con lavador de manos y de pies. Los modelos de construcción van de acuerdo a las necesidades del productor, pueden ser de capilla, cúpula y semicúpula. Cada una de éstas utiliza materiales diversos como acero, aluminio, madera, hormigón o la combinación de varios y manejan unas especificaciones diferentes, considerando que a través de su diseño se logre un microclima adecuado para el crecimiento de las plántulas, lo cual necesariamente debe variar de una región a otra.

Las estructuras deben regirse por investigaciones realizadas en zonas parecidas a las condiciones ambientales del lugar, éstas, deben garantizar la mejor resistencia de los materiales, calidad, y diseño de las coberturas.

En la producción de plantas en vivero los parámetros que se deben tener en cuenta son ventilación, espacio, volumen, luminosidad, robustez y adaptabilidad. Las plantas deberán permanecer durante todo el proceso de producción y exposición para venta en el interior de la casa de malla.

Otras consideraciones a tener en cuenta para cumplir adecuadamente la normatividad sanitaria y ambiental de la producción de cítricos en ambientes protegidos, son: el uso de plástico como cobertura que posea calibre 6, 7 u 8 con filtro UV y preferiblemente con tratamientos anti vectores (longitud de onda entre 360 y 380 $\eta\mu$), u otro que cumpla con el objetivo de manera efectiva. Tela antiáfidos o malla antipulgón la cual debe tener una abertura de máximo de 0.87 x 0.30mm, debe cubrir todos los lados expuestos de la estructura y permitir una buena ventilación. Tela polisombra: usada para disminuir incidencia de la radiación solar, su utilización dependerá del sitio geográfico de ubicación del vivero.

3.6 Estudios realizados en el mundo, Colombia y Valle del Cauca

Según (Caicedo et al., 2006). Mediante investigaciones realizadas por el ICA, en la actualidad los patrones de mayor uso son: Sunky x English, CPB 4475 y volkameriana, seleccionados por su tolerancia a enfermedades sistémicas como: (tristeza, exocortis Psorosis y Xiloporosis) y su buena producción.

Sunki es ampliamente utilizado como portainjerto en China, pero no ha tenido una evaluación exhaustiva en otras áreas. Es tolerante a tristeza y Xiloporosis, pero susceptible a exocortis (Ordúz et al., 2009). Se informa que Sunki es susceptible a *Phytophthora*, pero ha sobrevivido bien en algunas pruebas. También se dice que es tolerante a enfermedades similares al tizón en Brasil. Se informa que los árboles propagados en Sunki son altamente tolerantes a la sal, moderadamente resistentes al frío y ligeramente susceptibles a la clorosis en suelos calcáreos. Se ha informado que los árboles en Sunki son más pequeños que los estándares en China y Texas, pero grandes en Florida y California. El rendimiento y la calidad del fruto son al menos equivalentes a los árboles de naranja agria o mandarina Cleopatra. Sunki es poliembrionario, pero tiene una mayor proporción de plántulas cigóticas que muchos otros portainjertos (Resumido de Castle, 1987, pp. 373-374; Castle et al., 1993, p. 25)

Burgos et al. (2010) realizó un estudio en las casas de malla antipulgón ubicadas en Corpoica, Centro de Investigación Palmira, con el fin de evaluar los efectos de cuatro tipos de sustratos y dos ambientes de casas de malla antipulgón sobre la emergencia de plántulas de limón volkameriana (ambiente 1 temperatura promedio 33.6°C y 40% HR y ambiente 2 temperatura promedio 29°C y 55.2%HR quienes no encontraron efecto de los ambientes para el desarrollo de las plántulas en emergencia y desarrollo del portainjerto evaluado.

Da Silva R. María J et al., 2016, evaluaron la producción de plántulas de cítricos con diferentes combinaciones de copas y patrones en ambientes protegidos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de plántulas de naranja dulce 'Pera' y 'Westin',

El árbol de mandarina 'Piamonte' y la lima ácida 'Tahiti' injertados en 14 portainjertos de cítricos en vivero protegido, observaron variación entre genotipos para el carácter del diámetro del tallo. Determinaron que el área de la hoja es importante, porque las hojas son las principales responsables de captura de energía solar y producción de material a través de la fotosíntesis (Bernardi et al., 2000). Uno de los principales indicios de la incompatibilidad entre la variedad de la corona y el portainjerto es la ruptura en el sitio del injerto, que puede suceder después de la producción de plántulas o unos años después (Pompeu Jr, 2005). Realizaron evaluaciones de incompatibilidad mediante análisis visual de tejidos en la región de injerto, seis meses después del injerto, sin encontrar exudaciones de encías, necrosis, líneas deprimidas o erupciones en las combinaciones evaluadas.

4. Materiales y métodos

4.1 Localización

La investigación se llevó a cabo en las casas de malla antipulgón ubicadas en Agrosavia, Centro de Investigación Palmira, localizado en el Municipio de Palmira, Departamento del Valle del Cauca, sur del valle geográfico del río Cauca a 3° 31'48" latitud norte y 76° 81'13" longitud al oeste de Greenwich, altitud: 1001 m.s.n.m, temperatura: 24°C, clima cálido tropical subhúmedo, precipitación promedio 1.022 mm/año, extensión 396 hectáreas, con una topografía plana, y una ligera pendiente de 3%.

4.2 Material vegetal

Se emplearon 450 portainjertos de Sunky x English de seis meses de desarrollo a partir de la fecha de siembra, los cuales fueron injertados técnicamente en T invertida con yemas de los cultivares lima ácida Tahití, naranja Frost Valencia y mandarina Oneco, provenientes de plantas madre de cítricos conservadas en el Banco de Germoplasma de AGROSAVIA del C.I Palmira Valle del Cauca.

4.3 Tratamientos realizados

Para evaluar el crecimiento de cítricos injertados, se realizaron cinco tratamientos, los cuales están descritos en la Tabla 1, los tratamientos del uno al cuatro consistieron en combinar los tipos de estructura de crecimiento con el material injertado y el tratamiento cinco fue el testigo.

Tabla 1*Tratamientos realizados para evaluar el crecimiento de cítricos injertados*

Tipos de estructura de crecimiento	Material injertado	Tratamiento
Casa malla plantas madres microinjertadas modelo capilla	Sunky x english / lima ácida Tahití	T1
	Sunky x english / naranja Frost Valencia	
	Sunky x english / mandarina Oneco	
Casa malla antipulgón modelo capilla	Sunky x english / lima ácida Tahití	T2
	Sunky x english / naranja Frost Valencia	
	Sunky x english / mandarina Oneco	
Invernadero automatizado cerramiento perimetral en ladrillo a la vista modelo túnel, ventilación cenital y extractores de aire	Sunky x english / lima ácida Tahití	T3
	Sunky x english / naranja Frost Valencia	
	Sunky x english / mandarina Oneco	
Casa malla antipulgón Cuarentena modelo capilla	Sunky x english / lima ácida Tahití	T4
	Sunky x english / naranja Frost Valencia	
	Sunky x english / mandarina Oneco	
Campo abierto, sitio exterior casas de malla	Sunky x english / lima ácida Tahití	Testigo
	Sunky x english / naranja Frost Valencia	
	Sunky x english / mandarina Oneco	

Fuente: Elaborada por Gustavo Acosta H.

Las especificaciones de las estructuras de crecimiento utilizadas para producir los cítricos resumidas en la tabla 2, fueron las siguientes:

Tratamiento 1 (T1): casa de malla de plantas microinjertadas, tipo capilla, piso de cemento, cubierta malla antipulgón de calibre 0.22 mm, altura 5.5 m x 2.2 m, largo 30 m, ancho 12 m, área total 360 m², con una antesala de 4.125 m² con una capacidad de 800 plantas en materas, la cual presenta una temperatura promedio de 24.6°C, mínima 15.2°C y máxima 36.0°C, humedad relativa promedio 69.6 %, máxima 99.8 % y mínima 19.9 %

y Brillo solar en ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$) promedio 173.3, máximo 592 y mínimo 9, durante el periodo comprendido entre agosto 2017 – enero 2018.

Tabla 2

Especificaciones de cinco ambientes diferentes para la producción de cítricos

<i>Tratamientos</i>	<i>Piso</i>	<i>Cubierta</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Antesala</i>	<i>Capacidad</i>	<i>Calibre malla</i>	<i>Modelo</i>
Casa malla plantas madres micro injertadas 1	Cemento	Malla antipulgón 0.22 mm	Altura: 5.5 x 2.2 m Largo: 30 m Ancho: 12 m Área: 360 m ²	4.125 m ²	800 plantas en materas	0.22 mm	Capilla
Casa malla antipulgón 2	Grava de ½ pulgada 10 cm espesor	Plástico AgrocLEAR SF ESP calibre 6	Altura: 5.1 x 2.7 m Largo: 50 m Ancho: 10 m Área : 500 m ²	9 m ²	10.000 Plántulas en materas	0.22 mm	Capilla
Invernadero automatizado 3 cerramiento perimetral en ladrillo a la vista	Grava de ½ pulgada 10 cm espesor	Plástico agrofrío calibre 8	Altura: 6.7 x 4.3 m Largo: 30 m Ancho: 27 m Área: 810 m ²	9 m ²	16.000 plántulas	0.22 mm	Túnel ventilación cenital y extractores de aire
Casa malla antipulgón Cuarentena 4	Grava de ½ pulgada 10 cm espesor	Plástico AgrocLEAR SF ESP calibre 6	Altura: 5.1 x 2.7 m Largo: 50 m Ancho: 10 m Área : 500 m ²	9 m ²	10.000 plántulas	0.22 mm doble cobertura	Capilla
Sitio exterior casas de malla 5	Tierra	Ninguna	4.0 m ²	Ninguna	120 plántulas	No	Ninguna

Tratamiento (T2): casa de malla tipo capilla, piso en grava de ½ pulgada con 10 cm de espesor, cubierta de plástico AgrocLEAR SF ESP calibre 6, malla antipulgón de calibre 0.22 mm, altura 4.8 m x 2.2 m, largo 50 m, ancho 10 m, área total 500 m², con una antesala de 9.0 m² con una capacidad de 10000 plantas en bolsas ubicadas sobre estibas de cemento de 0.8 x 0.8 m, a una altura de 20 cm del suelo, en la cual se presenta una temperatura promedio de 26.6 °C, máxima 45.1 °C y mínima 16.7 °C, humedad relativa promedio 63.8 %, máxima 97.0 % y mínima 19.0 % y Brillo solar en ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$) promedio 516.7, máximo 1943 y mínimo 13.6, durante el periodo agosto 2017 – enero 2018.

Tratamiento (T3): invernadero automatizado con cerramiento perimetral en ladrillo a una altura de 63 cm, piso en grava de ½ pulgada con 10 cm de espesor, cubierta de plástico Agrofrío calibre 8, malla antipulgón de calibre 0.22 mm, altura 6.7 m x 4.3 m, largo 30 m, ancho 27 m, área total 810 m², con una antesala de 9.0 m² con una capacidad de 16000 plantas en bolsas ubicadas sobre estibas de cemento de 0.8 x 0.8 m, a una altura de 20 cm del suelo, posee túnel de ventilación cenital y extractores de aire, en dicha construcción se presenta una temperatura promedio de 27.0°C, máxima 46.0 °C y mínima 18.2 °C, humedad relativa promedio 66.8 %, máxima 98.0 % y mínima 14.6 % y Brillo solar en ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$) promedio 382.4, máximo 2887 y mínimo 9.0, durante el periodo agosto 2017 – enero 2018.

Tratamiento (T4): casa de malla tipo capilla, piso en grava de ½ pulgada con 10 cm de espesor, cubierta de plástico AgrocLEAR SF ESP calibre 6, malla antipulgón de calibre 0.22 mm, altura 4.8 m x 2.2 m, largo 50 m, ancho 10 m, área total 500 m², con

una antesala de 9.0 m² con una capacidad de 10000 plantas en bolsas ubicadas sobre estibas de cemento de 0.8 x 0.8 m a una altura de 20 cm del suelo y la cual por cumplir la función de cuarentena tiene doble cubierta o sea que es una casa de malla dentro de otra casa de malla en dicha construcción se presenta una temperatura promedio de 27.6°C, máxima 47.8°C y mínima 14.7 °C, humedad relativa promedio 53.7 %, máxima 98.9 % y mínima 9.2 % y Brillo solar en ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$) promedio 436, máximo 1588 y mínimo 9.0, durante el periodo agosto 2017 – enero 2018.

Tratamiento (T5, testigo): campo abierto, se dispuso de un lugar fuera de las casas de malla, piso en tierra, las plantas se ubicaron sobre estibas de plásticas de 0.8 x 0.8 a una altura de 20 cm separadas del suelo en dicho sitio se presentaron las siguientes condiciones ambientales: temperatura promedio de 29.2°C, máxima 32.8°C y mínima 16.3 °C, humedad relativa promedio 78.8 %, máxima 100 % y mínima 6.1 % y Brillo solar en ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$) promedio 6.53, máximo 14.3 y mínimo 0.40, , durante el periodo agosto 2017 – enero 2018.

La investigación se realizó en el periodo comprendido entre agosto de 2017 cuando se realizaron los injertos y continuó hasta enero del 2018 con la evaluación destructiva.

A las plantas en evaluación se les realizó el manejo agronómico establecido por Agrosavia, que incluye manejo manual de arvenses, deschuponado, fertilización edáfica, riegos semanales, control de malezas en el área perimetral de los mesones con herbicidas y aplicación de insecticida para el control de plagas.

Las figuras 1 y 2, muestran cada una de las estructuras de crecimiento de cítricos y el material vegetal utilizadas en los tratamientos, respectivamente.



T1 casa malla plantas madres micro injertadas modelo capilla



T2 casa malla 1 modelo capilla



T3 Invernadero automatizado cerramiento perimetral en ladrillo a la vista modelo túnel ventilación cenital y extractores de aire.



T4 Casa malla anti pulgón cuarentena modelo capilla con doble cubierta.



T5 Sitio exterior casas de malla

Figura 1: Tipos de estructura de cinco ambientes utilizados en el crecimiento de cítricos en fase de vivero.

Foto: Gustavo Acosta H.



Portainjerto Sunkay x English



Lima ácida Tahití



Naranja Frost valencia



Mandarina Oneco

Figura 2: Materiales de cítricos Sunkay x english, lima ácida Tahití, naranja Frost valencia y mandarina Oneco evaluados

Fuente: Gustavo Acosta H.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones en cada uno de las variedades comerciales lima ácida Tahití, naranja Frost valencia y mandarina Oneco y cinco tratamientos correspondientes a cuatro casas de malla y uno a campo abierto como testigo. Además, se utilizaron dos plantas por unidad experimental y la unidad de muestreo fueron las dos plantas. Para la determinación de materia seca se realizó un muestreo final destructivo evaluando dos plantas por cada tratamiento.

Análisis de datos

Para el análisis de varianza se utilizó el paquete estadístico S.A.S (Statistical Analysis Systems), versión 9.4 de 2002, la comparación de medias se realizó mediante la prueba Duncan ($p < 0.05$).

4.4 Variables evaluadas

4.4.1 Variables de crecimiento.

Se realizaron seis evaluaciones periódicas donde se registró la información referente con el crecimiento de los tres cultivares de cítricos en los cinco ambientes evaluados (ver anexo F). Para las mediciones se tomaron dos plantas por bloque registrando los siguientes datos altura del injerto medida desde el sitio de injertación en el tallo del portainjerto hasta el ápice del injerto con una regla metálica, diámetro del patrón a 10 centímetros por debajo del sitio de injertación, diámetro de la copa o injerto a 10 centímetros por encima del sitio de injertación con un pie de rey digital STAINLESS HARDENED. Con una regla metálica se midió la longitud de entrenudos basal, medio y apical. Se contabilizó manualmente el número de hojas, de brotes y de crecimientos del

injerto. Con el medidor LI-COR (modelo LI 300) se registró el área foliar de cinco hojas por planta. Para la determinación de materia seca se realizó un muestreo destructivo con la evaluación final, en la cual se registraron el largo de raíz por planta, el peso fresco y de raíz, tallo y hojas, luego este material se sometió a secado utilizando una estufa MEMMERT a 70°C por 72 horas para ser pesado nuevamente utilizando una balanza electrónica METTLER TOLEDO.

4.4.2 Variables ambientales.

Para el seguimiento y registro de la información climatológica de cada casa malla, se instaló una estación meteorológica WatchDog que automáticamente mide por periodos programados, la temperatura, humedad relativa, brillo solar.

5. Resultados y análisis

Realizado el seguimiento del crecimiento de los cultivares lima ácida Tahití, naranja Frost valencia y mandarina Oneco, injertadas sobre el portainjerto Sunki x english y propagados bajo casas de malla para plantas madres micro injertadas, casa malla tipo capilla, invernadero automatizado, casa malla tipo capilla para cuarentena con doble cubierta y campo abierto, se presentaron los siguientes resultados.

5.1 Variables climáticas

Tabla 3

Valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar de la temperatura, en cuatro condiciones de casas de malla y uno a campo abierto, durante el periodo de agosto 2017 a enero 2018.

<i>Tratamiento</i>	<i>Temperatura (°C)</i>			
	<i>Promedio</i>	<i>Mínima</i>	<i>Máxima</i>	<i>Desviación estándar</i>
1	24.6	15.2	36.0	2.5
2	26.6	16.7	45.1	3.2
3	27.0	18.2	46.0	2.3
4	27.6	14.7	47.8	4.9
5	29.2	16.3	32.8	2.0

Como se observa en la tabla 3, el menor valor de la temperatura promedio se obtuvo en la casa malla 1 y el mayor valor en campo abierto 5; el menor valor de temperatura mínima se presentó en la casa malla 4 y la máxima en la casa malla 3 y el valor más alto de temperatura máxima se alcanzó en la casa malla 4 por el contrario su

menor registro se obtuvo en campo abierto 5, estos valores se encuentran entre el rango de 0°C a 50°C en los que los cítricos pueden vivir sin sufrir daños importantes.

Tabla 4

Valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar de la humedad relativa, en cuatro condiciones de casas de malla y uno a campo abierto, durante el periodo de agosto 2017 a enero 2018

<i>Humedad relativa (%)</i>				
<i>Tratamiento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Mínima</i>	<i>Máxima</i>	<i>Desviación estándar</i>
1	69.6	19.9	99.8	9.3
2	66.8	19.0	97.0	3.3
3	66.8	14.6	98.0	4.2
4	53.7	9.2	98.9	4.7
5	78.8	6.1	100.0	9.3

Según la tabla 4, el valor promedio más bajo en cuanto a porcentaje de humedad relativa se presentó en la casa malla 4 y el mayor valor en campo abierto 5; el valor más bajo de humedad relativa mínima se presentó en campo abierto 5, por el contrario, el valor mayor se registró en la casa malla 1; el valor máximo de humedad relativa se registró en campo abierto 5 y el más bajo máximo en la casa malla 2, la menor desviación estándar se presentó en la casa malla 2. Estos valores nos muestran que los cítricos en general se adaptan bien a diferentes valores de humedad relativa que lo hacen cultivos óptimos en zonas desérticas con valores próximos a cero, hasta en las regiones tropicales que en las noches alcanzan valores de saturación.

Tabla 5

Valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar del brillo solar, en cuatro condiciones de casas de malla y uno a campo abierto, durante el periodo de agosto 2017 a enero 2018.

Tratamiento	Luz PAR ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$)			
	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
1	173.3	9.0	592.0	93.1
2	516.7	13.6	1943.0	268.8
3	382.4	9.0	2887.0	335.4
4	436.0	9.0	1588.0	265.0
5	6.5	0.4	14.3	2.3

Los valores de la tabla 5, muestran que la casa malla 2 presenta el valor más alto en promedio de luz PAR ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) por el contrario el valor menor se presentó en campo abierto 5, es de notar que la luz es la condición ambiental que influye en el desarrollo de las plantas por medio de la fotosíntesis, los tratamientos con ambientes protegidos ofrecen características mejores de luz en cuanto a su longitud de onda, la intensidad y la duración en comparación con el campo abierto 5, los valores de la desviación estándar muy altos en los tratamientos T1, T2, T3 y T4 se deben al incremento de los valores registrados en el transcurso del día, siendo los registros más altos en entre las 11:00 AM a las 2:00 PM con una gran diferencia con el resto del día.

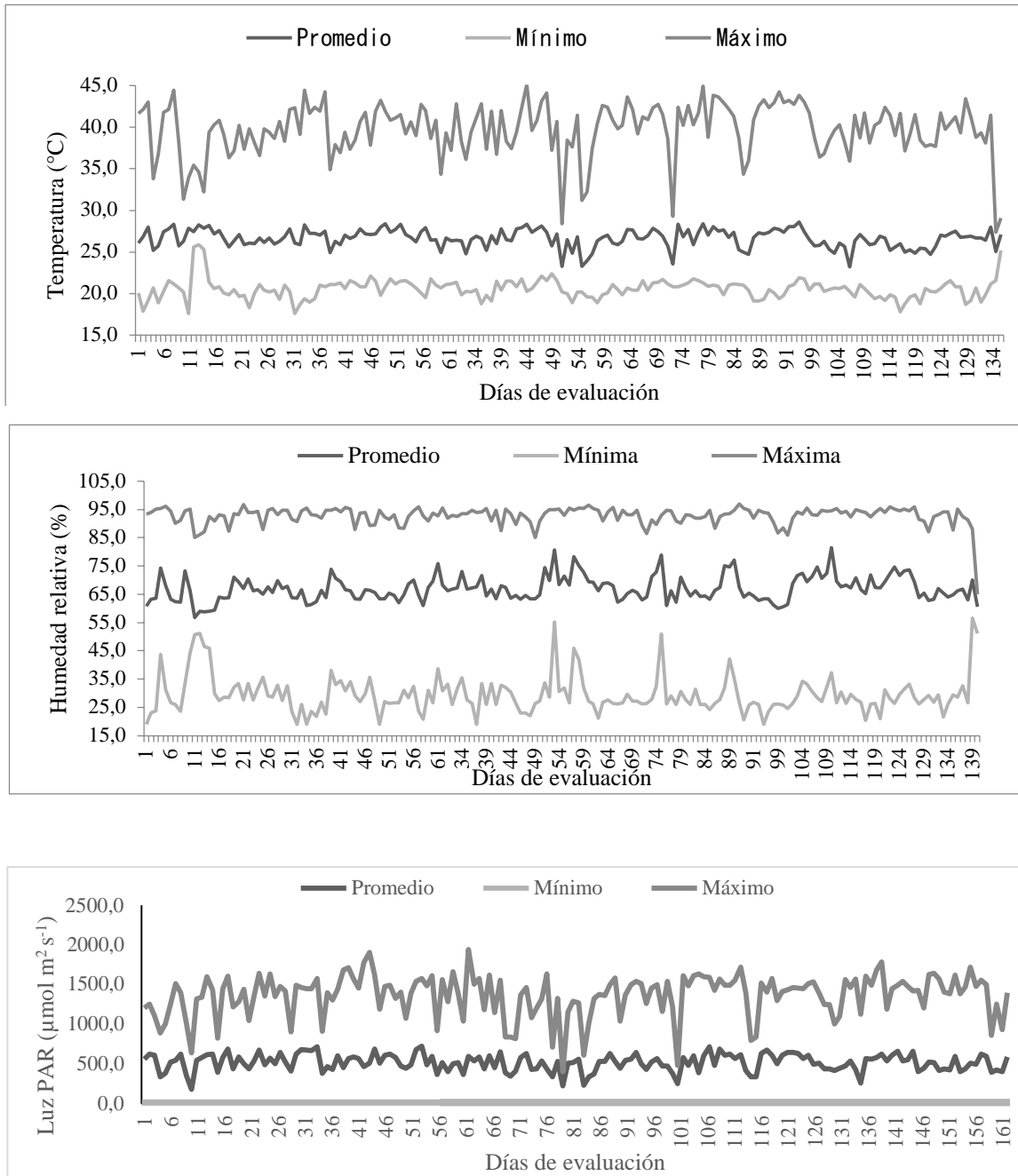


Figura 3: Promedio, mínima y máxima de temperatura (°C), humedad relativa (%) y luz PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) registrados en la casa de malla tipo capilla (T2) durante el período agosto 2017 – enero 2018 en Palmira Valle del Cauca.

Nota: elaborada por Gustavo Acosta H.

La figura 3, presenta las gráficas de las tres variables climáticas obtenidas durante el periodo de evaluación en la casa malla 2 en la que se obtuvieron los mejores resultados de los tres materiales de cítricos.

5.2 Variables de crecimiento.

Tabla 6

Variables de desarrollo y crecimiento de injertos de lima ácida Tahití sobre el portainjerto Sunky x English bajo cinco condiciones ambientales diferentes.

Tratamiento	Variables							
	Longinj (cm)	Dinj 10 cm (mm)	Dpat 10 cm (mm)	Nhojas	Nbrotes	Área F (cm ²)	Peso F (g)	Peso S (g)
CM1	26.886 b	3.4389 a	7.3819 b	25.306 b	1.6944 a	18.887 b	77.35 b	22.225 c
CM2	39.797 a	3.7772 a	7.6392 b	36.778 a	1.1944 a	28.158 a	147.44 a	44.708 a
CM3	39.192 a	3.6153 a	7.6572 ab	34.586 ab	1.3611 a	25.130 ab	116.83 ab	40.032 ab
CM4	31.767 ab	2.9950 ab	7.7694 a	33.000 ab	1.3333 a	21.945 ab	107.98 ab	33.288 abc
CA	23.264 b	2.4353 ab	7.8342 a	25.139 b	1.1111 a	20.397 b	84.74 b	29.145 bc

Longinj: longitud del injerto; Dinj: diámetro del injerto a 10 centímetros por encima del sitio de injertación; Dpat: diámetro del portainjerto a 10 centímetros por debajo del sitio de injertación; Nhojas: número de hojas; Nbrotes: número de brotes; ÁreaF: área foliar; Pfresco: peso fresco y Pseco: peso seco.

Medias con la misma letra en un columna no son significativamente diferentes, Duncan $p < 0,05$

Nota: elaborada por Gustavo Acosta H.

Al analizar los resultados de la Tabla 6, las plantas de lima ácida Tahití, naranja Frost valencia y mandarina Oneco frente a factores ambientales bajo condiciones protegidas y teniendo en cuenta que los cítricos son plantas exigentes en luz para los procesos de

crecimiento, floración y fructificación que ocurre en el exterior de la copa, se observó que el en la casa de malla 2, presentó los mayores valores en la mayoría de las variables de respuesta analizadas, dicho incremento, está íntimamente relacionado con la cantidad de radiación fotosintéticamente activa o luz PAR (Le Bot *et al.* 1998) medidos en micromoles por metro cuadrado por segundo ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$), registrados y que se encuentran comprendidos entre los rangos de 400 y 700 nm energía, valores demostrados y estudiados en la fotosíntesis mediante la medición del flujo de fotones por (McCree., 1972). Los cuales fueron influenciados por el tipo de estructura, la altura, la orientación y los materiales utilizados en su cubierta.

De este modo, una mayor exposición de las plantas a la luz solar permite optimizar la fotosíntesis y como resultado se presenta mayor y más rápido crecimiento. Esto se evidenció en las variables analizadas en este trabajo. Sin embargo, es importante resaltar que la exposición de las hojas a intensidades altas de luz solar que superen la capacidad de absorbancia por parte de los fotosistemas genera daños estructurales en el funcionamiento de la fotosíntesis en especial de la enzima rubisco (Feller *et al.*, 1998).

El mayor promedio de la radiación fotosintéticamente activa se obtuvo en la casa de malla 2, con un valor de $516.7 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$, lo que influyó en la acumulación de fotosintatos en todas las plantas, esto significó un mayor tráfico de productos de fotosíntesis y se tradujo en un crecimiento más rápido en tallo, raíz y área foliar, específicamente en variables como longitud del injerto, número de hojas, área foliar, peso fresco y seco, fenómeno que se presenta principalmente, por la intensidad y la calidad de la luz (Fageria, 1992).

La variable longitud del injerto en el T2, T3 y T4 no presentaron diferencias significativas entre ellas, pero sí en comparación con T5 (testigo o campo abierto).

El diámetro del injerto a 10 cm por encima del punto de injertación no presentaron diferencias significativas en los tratamientos evaluados.

En cuanto al diámetro del injerto a 10 cm por debajo del punto de injertación, los tratamientos T3, T4 y T5(testigo), no presentaron diferencias significativas entre ellos, pero con respecto a los tratamientos T1 y T2, si lo presentaron.

En cuanto al número de hojas los tratamientos T2, T3 y T4, no presentaron diferencias significativas, los menores valores se presentaron en el T1 y T5 o testigo.

El número de brotes no presentó diferencias significativas en los 5 tratamientos evaluados.

En el área foliar y el peso fresco, los tratamientos T2, T3 y T4, no presentaron diferencias significativas entre ellos, los menores valores corresponden a T1 y T5 o testigo.

El peso seco T2, T3 y el T4, no presentaron diferencias significativas entre ellos, los valores menores corresponden a T1 y T5 (testigo o campo abierto) .

La figura 4, nos muestra las gráficas del comportamiento de las variables longitud del injerto, número de hojas, área foliar y peso seco de la lima ácida Tahití, las cuales presentaron diferencias significativas dentro de los cinco tratamientos evaluados.

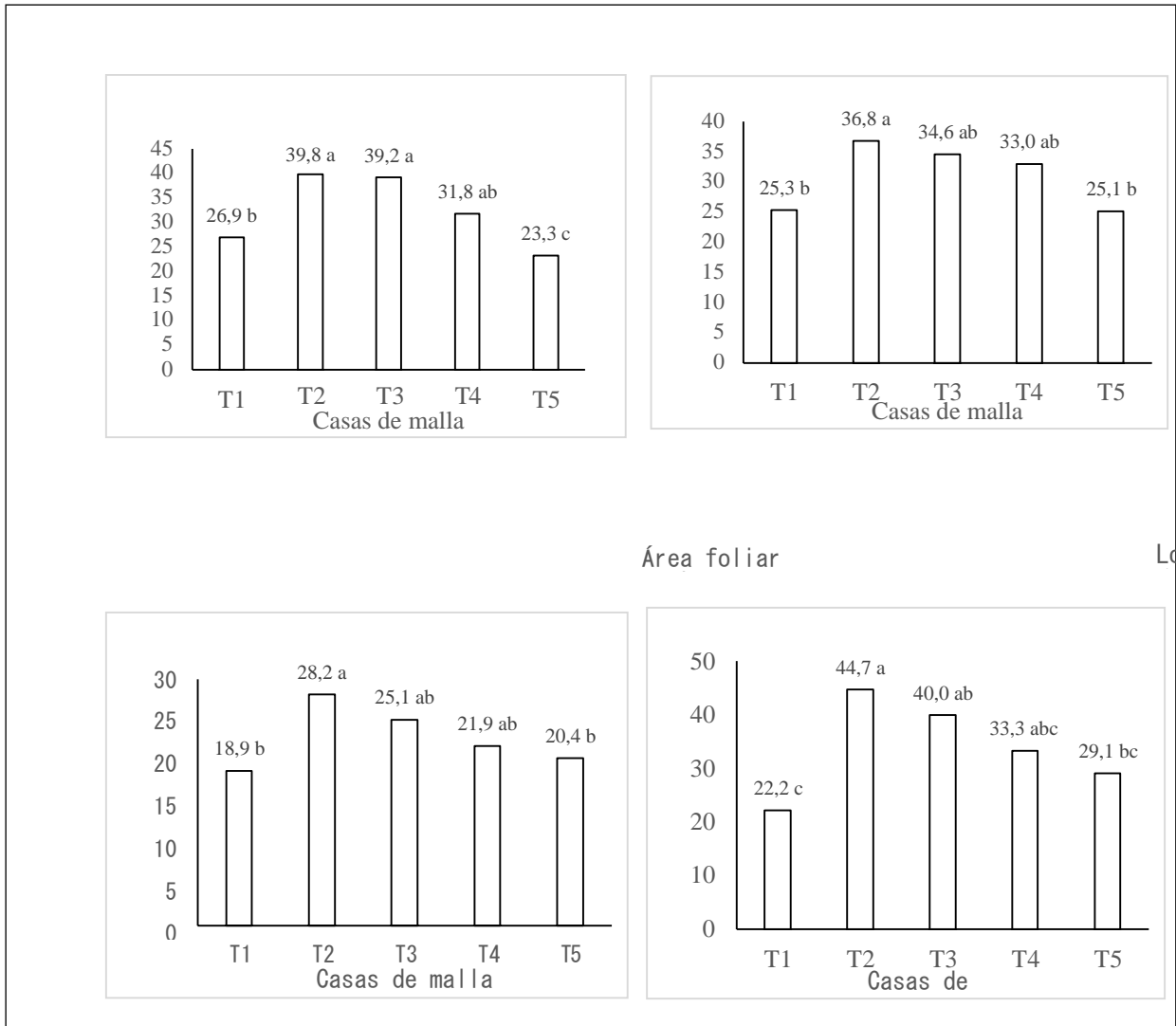


Figura 4: Comportamiento y desarrollo de la lima ácida Tahiti injertada sobre el portainjerto Sunki x english en cinco ambientes diferentes en Palmira Valle del Cauca.

Nota: elaborada por Gustavo Acosta H

Con respecto a la naranja Frost Valencia, en la tabla 7, se muestra que las variables longitud del injerto, diámetro del injerto, diámetro del patrón, número de hojas, número de rebrotes, área foliar, peso fresco y peso seco presentaron diferencias significativas entre las casas mallas evaluadas y el desarrollo a campo abierto.

Tabla 7

VARIABLES DE DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE INJERTOS DE NARANJA FROST VALENCIA SOBRE EL PORTAINJERTO SUNKY X ENGLISH BAJO CINCO CONDICIONES AMBIENTALES DIFERENTES.

Tratamiento	Variables							
	Lonjinj (cm)	Dinj 10 cm (mm)	Dpat 10 cm (mm)	Nhojas	Nbrotes	Área F (cm ²)	Peso F (g)	Peso S (g)
1	26.886 b	2.2539 b	7.2236 b	23.306 bc	1.0556 bc	16.830 b	40.50 b	17.297 b
2	34.544 a	3.2033 a	7.9383 a	33.056 ab	1.2500 ab	33.778 a	120.87 a	40.350 a
3	33.281 a	3.2300 a	7.7314 a	30.528 abc	1.4167 ab	23.573 ab	89.15 ab	33- 348 ab
4	30.053 a	3.0400 ab	8.0558 a	38.417 a	1.9444 a	28.325 ab	117.92 a	44.747 a
5	23.111 b	2.3808 ab	7.6625 a	21.833 c	0.4444 c	28.710 ab	95.51 ab	32.338 ab

Lonjinj: longitud del injerto; Dinj: diámetro del injerto a 10 centímetros por encima del sitio de injertación; Dpat: diámetro del portainjerto a 10 centímetros por debajo del sitio de injertación; Nhojas: número de hojas; Nbrotes: número de brotes; ÁreaF: área foliar; Pfresco: peso fresco y Pseco: peso seco.
Medias con la misma letra en una columna no son significativamente diferentes, Duncan $p < 0,05$

En la variable longitud del injerto el T2, T3 y T4 no presentaron diferencias significativas entre ellas, en contraste con los tratamientos T1 y T5 (testigo o campo abierto). Siendo el mayor valor en T2.

En cuanto al diámetro del injerto a 10 cm por encima y el diámetro del patrón a 10 cm por debajo del punto de injertación, los tratamientos T2, T3, T4 y T5, no presentaron diferencias significativas entre ellos, y el menor diámetro se registró en T1.

En el número de hojas, el T4 y T2 no presentaron diferencias significativas entre ellas, por el contrario, T5 (testigo o campo abierto) presentó el menor valor.

La variable número de brotes no hubo diferencias significativas en los tratamientos T2, T3 y T4, por el contrario el menor valor se presentó en T5 o campo abierto.

El área foliar en los tratamientos T2, T3, T4 y T5 no presentaron diferencias significativas entre ellos, el menor valor se presentó en T1.

El peso fresco en los tratamientos T2, T3, T4 y T5, no presentaron diferencias significativas entre ellos, y el menor registro lo obtuvo el T1.

El peso seco, en los tratamientos T2, T3, T4 y T5 no presentaron diferencias significativas entre ellos, el menor valor se presentó en T1.

La figura 5, nos muestra comportamiento de las variables longitud del injerto, número de hojas, área foliar y peso seco de la naranja frost valencia, las cuales presentaron diferencias significativas dentro de los cinco tratamientos evaluados.

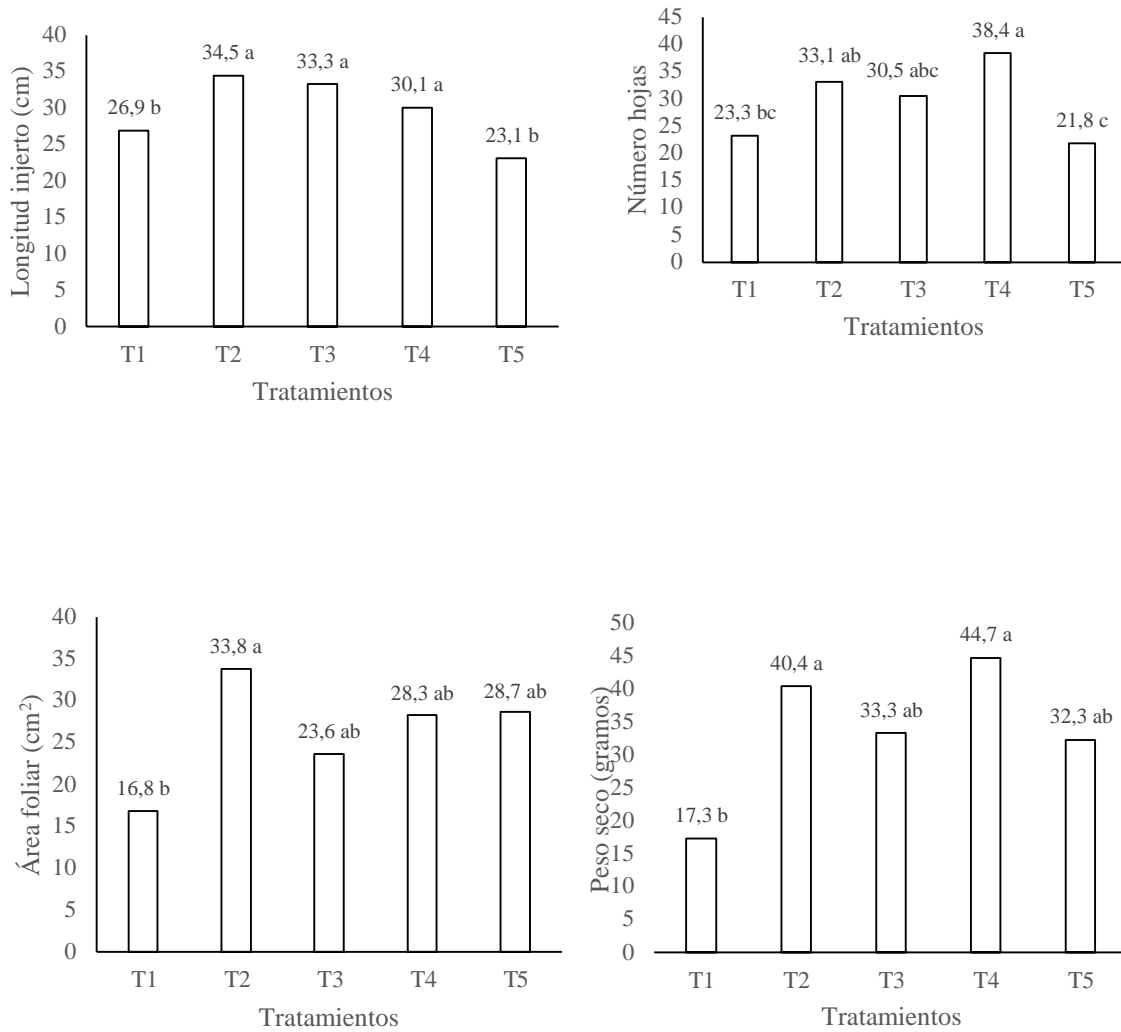


Figura 5: Comportamiento del desarrollo de la naranja Frost Valencia injertada sobre el portainjerto Sunky x english en cinco ambientes diferentes en Palmira Valle del Cauca

Nota: elaborada por Gustavo Acosta H.

Por último, la mandarina Oneco según Tabla 8, representa las variables en longitud del injerto, diámetro del injerto, diámetro del patrón, número de hojas y de brotes, área foliar, peso fresco y peso seco entre los tratamientos evaluados.

Tabla 8

VARIABLES DE DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE INJERTOS DE MANDARINA ONECO SOBRE EL PORTAINJERTO SUNKY X ENGLISH BAJO CINCO CONDICIONES AMBIENTALES DIFERENTES

Tratamiento	Variables							
	Longinj (cm)	Dinj 10 cm (mm)	Dpat 10 cm (mm)	Nhojas	Nbrotes	Área F (cm ²)	PesoF (g)	PesoS (g)
1	14.672 b	1.6550 c	7.5867 a	18.361 b	2.3611 a	11.045 b	60.07 a	19.787 b
2	39.172 a	3.1817 a	7.5564 a	30.389 a	.3611 b	22.397 a	92.82 a	35.440 a
3	30.661 a	2.4683 b	7.5311 a	28.361 a	0.8333 b	17.762 ab	86.55 a	30.532 ab
4	34.003 a	2.6486 ab	7.7822 a	27.000 ab	0.83.11 b	15.883 ab	93.19 a	29.842 ab
5	20,722 b	2.2108 bc	7.5967 a	21.583 ab	1.4722 b	13.085 b	71.78 a	25.008 ab

Longinj: longitud del injerto; Dinj: diámetro del injerto a 10 centímetros por encima del sitio de injertación; Dpat: diámetro del portainjerto a 10 centímetros por debajo del sitio de injertación; Nhojas: número de hojas; Nbrotes: número de brotes; ÁreaF: área foliar; Pfreco: peso fresco y Pseco: peso seco. Medias con la misma letra en una columna no son significativamente diferentes, Duncan $p < 0,05$

Nota: elaborada por Gustavo Acosta H.

En la variable longitud del injerto el T2, T3 y T4 no presentaron diferencias significativas entre ellas, en contraste, los menores valores se encontraron T1 y T5 (testigo o campo abierto). Siendo T2 el mayor valor.

En cuanto al diámetro del injerto a 10 cm por encima del punto de injertación, los tratamientos T2, y T4, no presentaron diferencias significativas entre ellos, y el menor diámetro se registró en T1.

El el diámetro del patrón a 10 cm por debajo del punto de injertación, los 5 tratamientos evaluados, no presentaron diferecias significativas.

En el número de hojas, el T2, T3, T4 y T5, no presentaron diferencias significativas entre ellas, por el contrario, el menor valor se presentó en T1.

La variable número de brotes no presentó diferencias significativas en los tratamientos T2, T3, T4 y T5, por el contrario el mayor valor se presentó en T1.

El área foliar en los tratamientos T2, T3, y T4, no presentaron diferencias significativas entre ellos, el menor valor se presentó en T1 y T5 ó testigo.

El peso fresco no tubo diferecias significativas, pero el mayor valor lo obtuvo T4, y el menor valor T1.

El peso seco, en los tratamientos T2, T3, T4 y T5 no presentaron diferencias significativas entre ellos, el mayor valor se presentó en T2 y el menor valor T1.

La figura 6, nos muestra comportamiento de las variables longitud del injerto, número de hojas, área foliar y peso seco de la mandarina Oneco, las cuales presentaron diferencias significativas dentro de los cinco tratamientos evaluados.

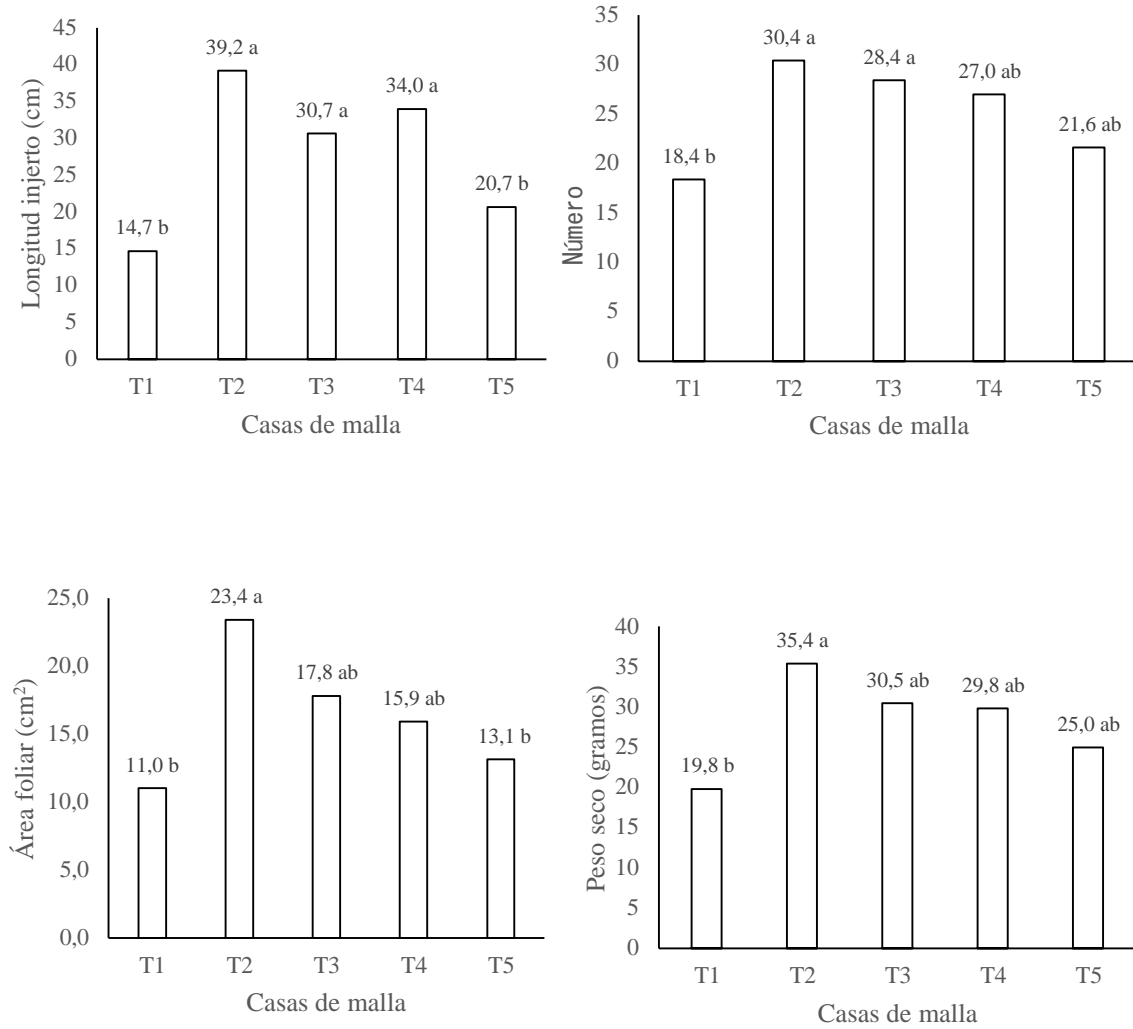


Figura 6: Comportamiento y desarrollo de la mandarina Oneco injertada sobre el portainjerto Sunky x english, en cinco ambientes diferentes en Palmira Valle del Cauca

Nota: Elaborada por Gustavo Acosta H.

Las figuras 4, 5 y 6 muestran el comportamiento de variables que presentaron diferencias significativas en los materiales cítricos lima ácida Tahití, naranja Frost valencias y mandarina Oneco sobre el portainjerto Sunky x english en los cinco

tratamientos evaluados, los distintos valores están determinados por las diferencias ambientales en su interior y su óptima utilización por parte de las plantas producidas dentro de estos ambientes, dichas condiciones se logran mediante la utilización de los materiales con las especificaciones técnicas apropiadas en su construcción sobre todo las del plástico de la cubierta, la malla antipulgón, el tipo de estructura y sus dimensiones como también su orientación con respecto al recorrido diario del sol y la ubicación geográfica del vivero (Arango, 2007).

6. Conclusiones

Lima ácida Tahití, Naranja Frost Valencia y Mandarina Oneco, injertados sobre el portainjerto Sunki x English presentaron diferencias significativas entre los tratamientos y su mejor comportamiento en las variables de altura del injerto, número de hojas, área foliar y peso seco se obtuvo en los tratamientos T2 y T4 con valores más altos respecto a los presentados en el T5 (testigo ó campo abierto).

Los materiales lima ácida Tahití, naranja Frost Valencia y mandarina Oneco, se vieron influenciadas por las condiciones climáticas en forma positiva en el desarrollo de las plántulas en vivero en ambientes protegidos como T2 y T4, ya que el brillo solar o luz PAR ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) mostro una mejor acumulación de fotosintatos traducidos en un crecimiento más rápido del injerto, mayor número de hojas, mayor área foliar y peso seco en comparación con los datos obtenidos en T5 (testigo ó campo abierto).

7. Recomendaciones

Los viveristas obtendrán mayores ganancias económicas y de calidad al producir sus materiales de cítricos en estructuras protegidas o casas de malla antipulgón T2 y T4 teniendo en cuenta que según la caracterización climática, alcanzaron los mejores resultados en las variables como, altura del injerto, número de hojas, área foliar y peso seco, las cuales son variables determinantes en la producción de plántulas de cítricos en viveros, su implementación representa un menor valor en comparación con las estructuras T1 y T3 debido a las características de diseño y los materiales empleados.

Nota: Los resultados de la presente investigación son de propiedad intelectual de La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia y su utilización son solo con fines académicos y para su posterior uso se debe tener la aprobación de dicha entidad.

8. Referencias

- Agustí M, (2003). Citricultura 2 Ed Mundi Prensa Madrid.
- Arango, E. 2007 Viveros protegidos de cítricos. Citrifut, Vol. 14
- Bernardi, A.C.C; Carmello, Q.A.C.; Carvalho, S.A. (2000). Development of citrus nursery trees grown in pots in response to NPK fertilization. Scientia Agricola, Piracicaba, v.57, n.4, p.733-738.
- Burgos, J; Martínez, M., Cardozo, C., Jaramillo, A., Gómez, Carlos., 2011. Evaluación de sustratos para la producción de plántulas de limón Volkameriana (*Citrus volkameriana* Ten. Y Pasq.) en dos ambientes de casas de malla. Corpoica Novedades Técnicas Vol. 17
- Caicedo, A., Carmen, H., Jaramillo, J., (2006) Patrones para la producción de cítricos en Colombia, Corpoica, Boletín divulgativo N°25, Palmira, Colombia, 31 p.6-12.
- Carvalho, S. A., Graf, C. C. D. & Violante, A. R. (2005). Produção de material básico e propagação. Citros, Cap. de Livro, 38 p.
- Castro, M. (2005). Curso práctico de injertos: paso a paso. Ediciones RIPALME E.I.R.L. Primera Edición. Lima, Perú.
- Castle, W. S. Citrus rootstocks. En: ROM, R. C. y CARLSON, R. C. (eds.). Rootstocks for fruit crops. New York: John Wiley and Sons, 1987. p. 361-369
- Da Silva R. María J; Eldes Reinan Mendes de Oliveira, Eduardo Augusto Girardi, Carlos Alberto da Silva Ledo, Walter dos Santos Soares Filho, 2016 produção de mudas de citros com diferentes combinações copa e porta-enxerto em viveiro protegido Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v.38, n. 1. 187-201.
- Fageria NK. 1992. Maximizing crops yield. New York, Marcel Dekker.
- Feller U.; Crafts-Brandner S.J.; Salvucci M.E. (1998). Moderately high temperatures inhibit ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase oxygenase (Rubisco) activase-mediated activation of Ribulose. Plant Physiol., 116:539-546
- Hartmann, H.T. y Kester, D.E. (1971). Propagación de plantas. Edit. C.E.C.S.A., México.
- Hunt R, Warren-Wilson J, Handy DW, Sweeney DG (1984) Integrated analysis of growth and light interception in winter lettuce. I. analytical methods and environmental influences. Annals of Botany 54, 743-757

Hunt R, Caustor DR, Shipley B, Askew P (2002) A Modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany* 90, 485-488 p.

Instituto Colombiano Agropecuario. Resolución número 00012816 de 2019.

Kraub N (2003) Mechanisms for photosystems I y II. *Current Opinion in Chemical Biology* 7, 540-55003).

Le Bot J, Adamowicz S, Robin, P (1998) Modelling plant nutrition of horticultural crops: a review. *Scientia Horticulturae* 74, 47-81

Louserrrt, R (1992). Los Agrios. R Louserrrt (ed.) traducido por Vicente Almeda Orensa y M. Agusti Fonfria. Ed. Mundi Prensa. Madrid España. Pp- 63-70.

Melgarejo, L (2010) Experimentos en Fisiología Vegetal. Primera edición. Universidad Nacional de Colombia. p 25.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018. Cadena de cítricos Indicadores e Instrumentos.

McCree, K.J. (1972) Action Spectrum, Absorptance and Quantum Yield of Photosynthesis in Crop Plants. *Agricultural Meteorology*, 9, 191-216

Mohr S (1995) *Plant physiology*. Springer. Velllong. Berlin, 629pp

Mosse, B. (1962). Incompatibilidades en los injertos de árboles frutales. México. 400 pp.

Ordúz, R., Javier Orlando; León, Guillermo A.; Arango W., Laura Victoria, (2009). Patrones para cítricos en los Llanos Orientales de Colombia. Corpoica. 12p.

Orduz, J. O. y Garzón, D. L. (2012). Alternancia de la producción y comportamiento fenológico de la naranja «Valencia» (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) en el trópico bajo húmedo de Colombia. Corpoica. Recuperado en octubre 27 de 2016 de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v13n2/v13n2a03.pdf> octubre 7 de 2019 de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v13n2/v13n2a03.pdf>.

Platt, R.G y Opitz, K.W. (1973). “The propagation of citrus”. En: *The Citrus Industry*, Vol. III, W, Reuther (Ed), Univ. California, Div. Agric. Sci., California, EE.UU.

Pompeu Junior, J. Porta-enxertos. In: Mattos Junior, D.; DE Negri, J. D.; Pio, R.M.; Pompeu Junior, J. (2005). (Ed.). *Citros*. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, p.61-104.

Ríos C., D.; Camacho B., S.; Cardona M., C; Granada C., G. A. (1976). Cítricos. In: *Frutales*. Bogotá, ICA – INCORA - Caja de Crédito Agrario Industrial y Minero, p. 41 – 133. (Manual de Asistencia Técnica No. 4).

Saunt, J. (1992). Variedades de cítricos del mundo. Ed. Edipublic, Valencia, España. 126 p.

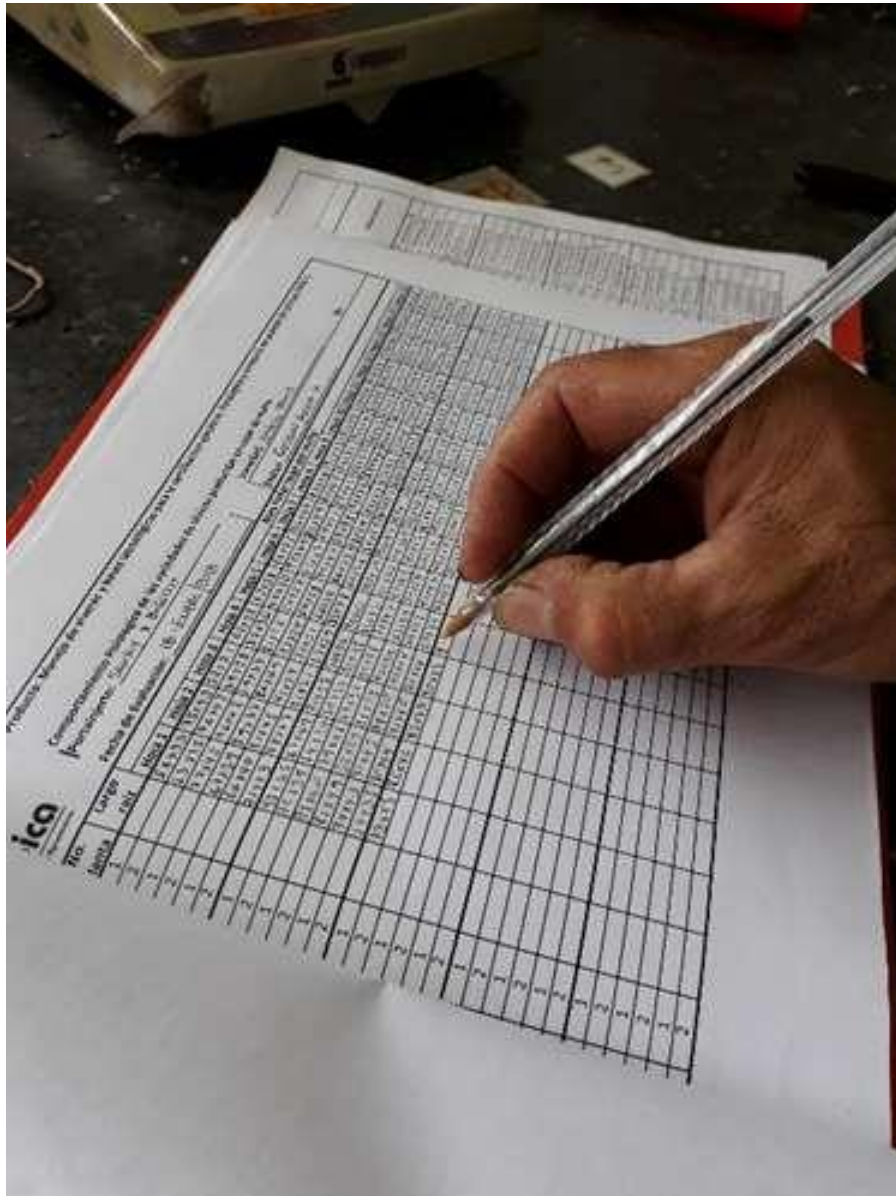
Sobrinho T, J. (1991). Propagação de citros. In: Rodríguez, O. (Ed).

Teixeira, P.T.L.; Shänfer, G.; Souza, P.V .D.; TodeschinI, a. desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos de citros produzidos em diferentes recipientes. Ciência Rural, Santa María, v.39, n.6, p.1695-1700, 2009.

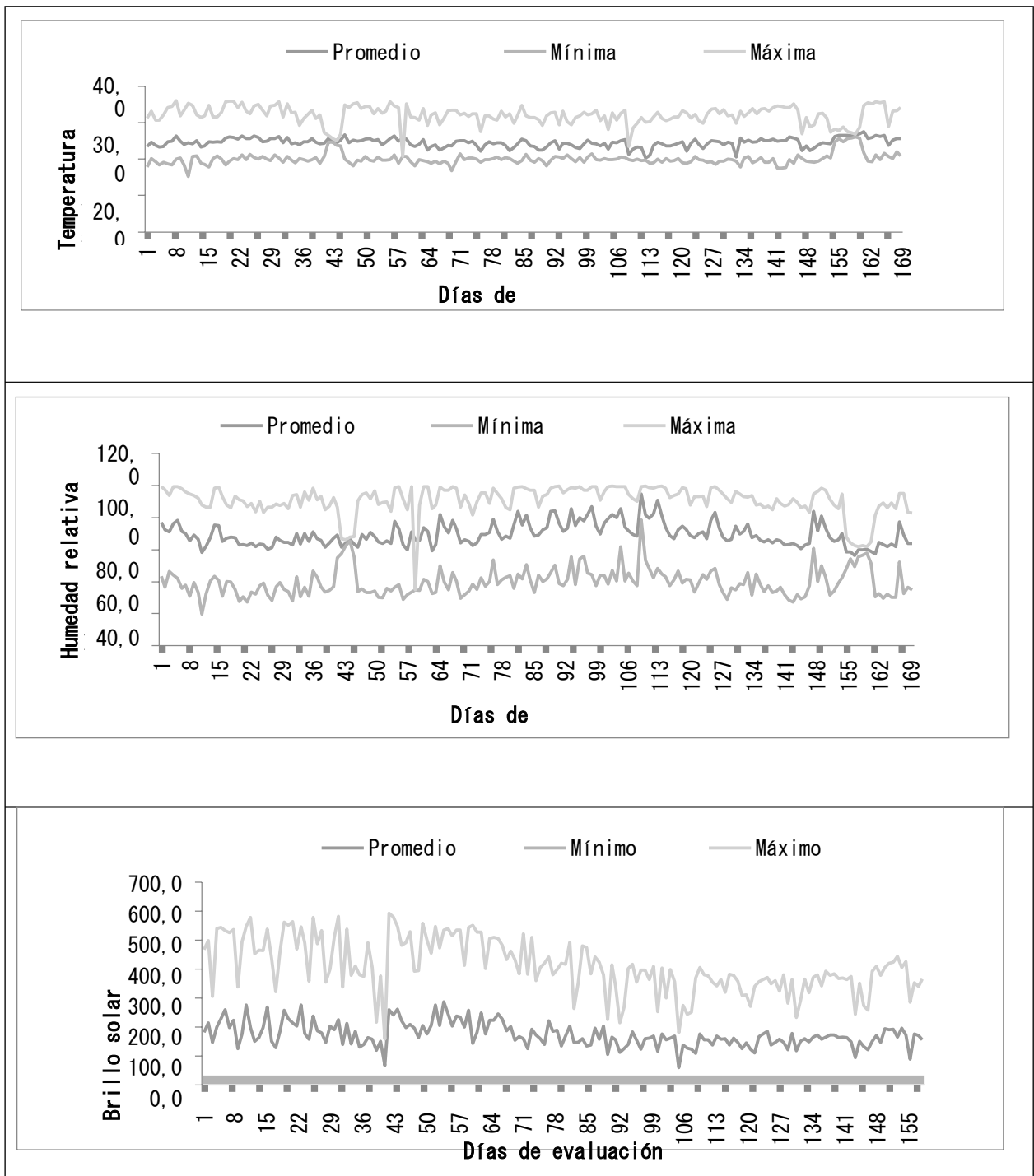
Valle, M. G. 2002. Cadeias inovativas, redes de inovação e a dinâmica tecnológica da citricultura no Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

9. Anexos

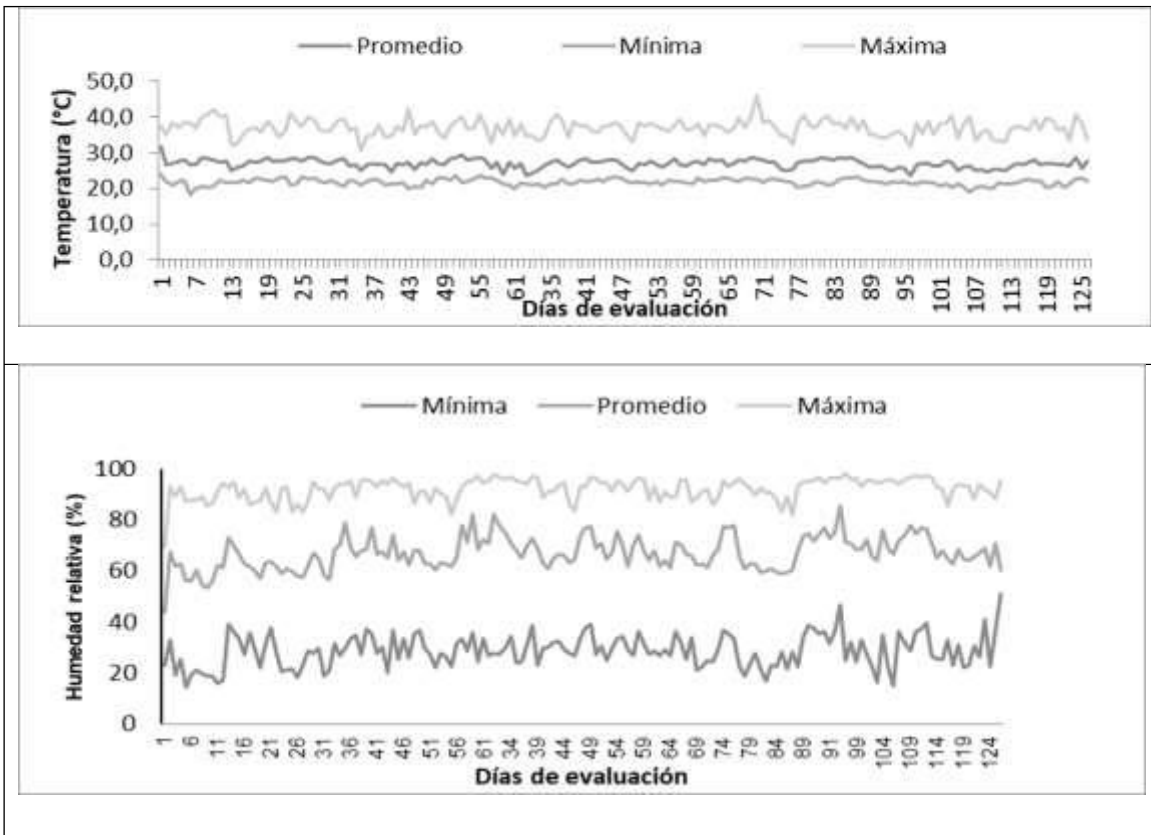
Anexo A. Formato de captura de información del proyecto

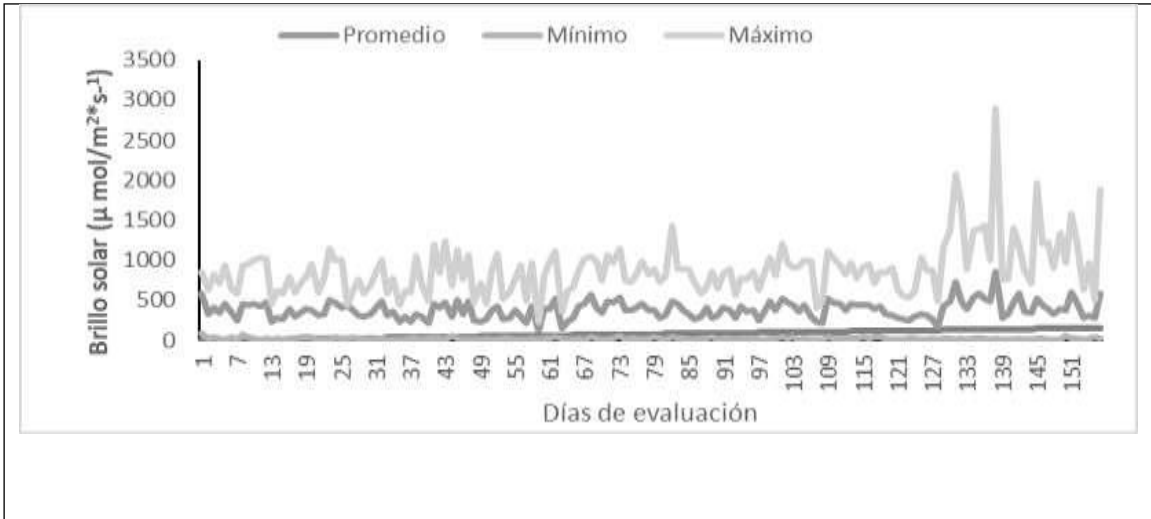


Anexo B. Promedio, mínima y máxima de temperatura (°C), humedad relativa (%) y luz PAR ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) registrados en la casa de malla plantas microinjertadas, tipo capilla (T1) durante el período agosto 2017 – enero 2018 en Palmira Valle del Cauca.

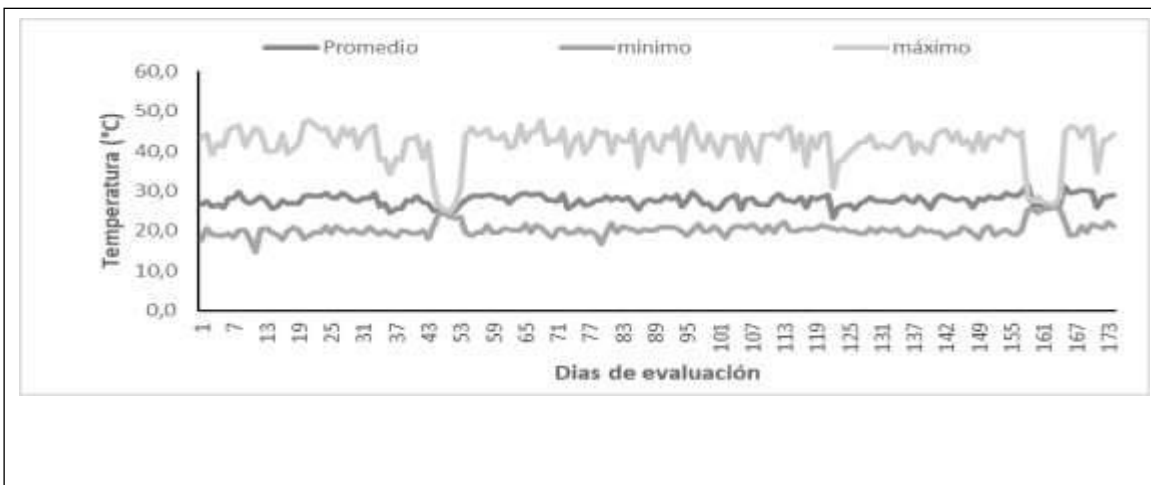


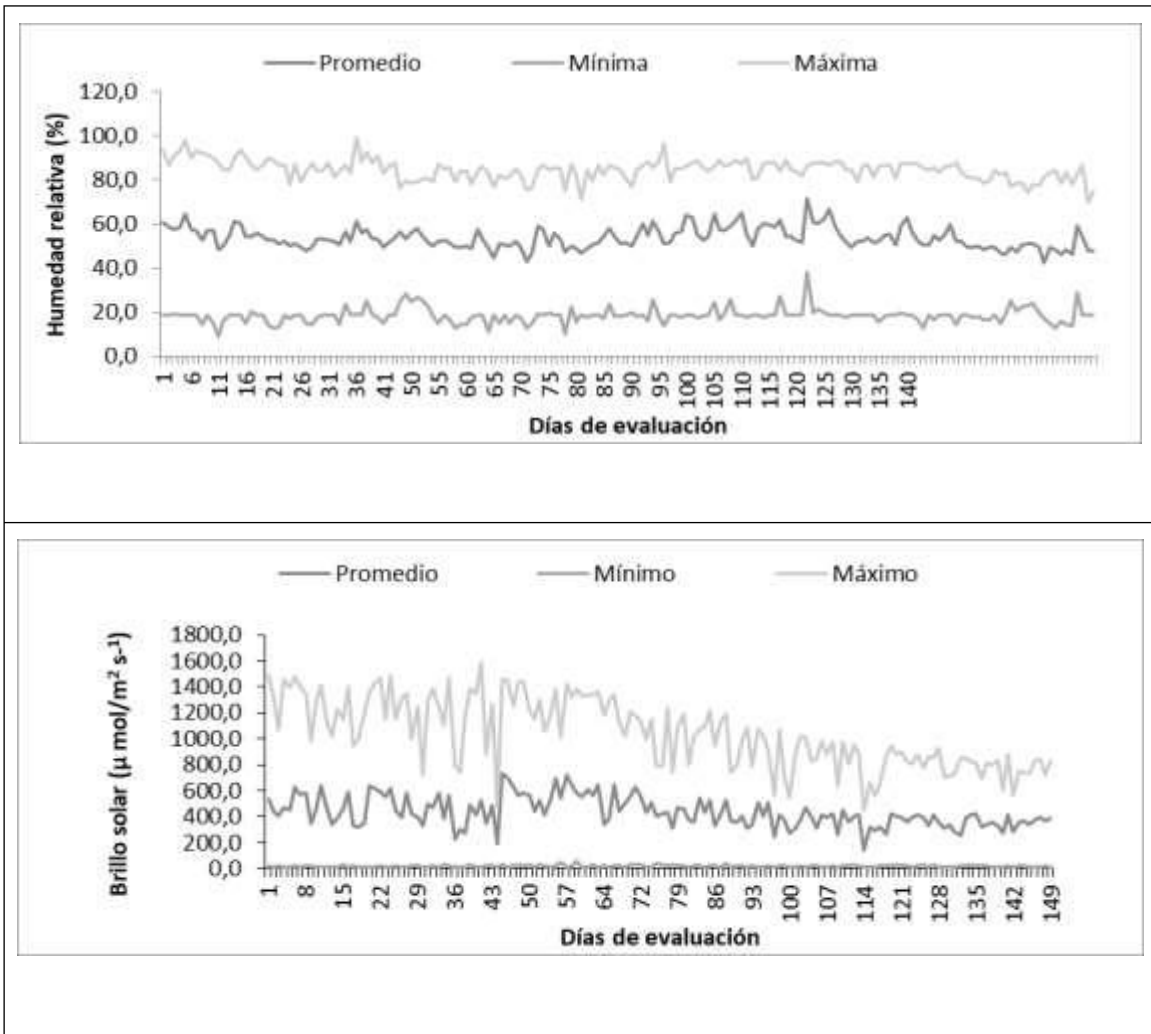
Anexo C. Promedio, mínima y máxima de temperatura (°C), humedad relativa (%) y luz PAR ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) registrados en la casa de invernadero automatizado, tipo ventilación cenital (T3) durante el período agosto 2017 – enero 2018 en Palmira Valle del Cauca



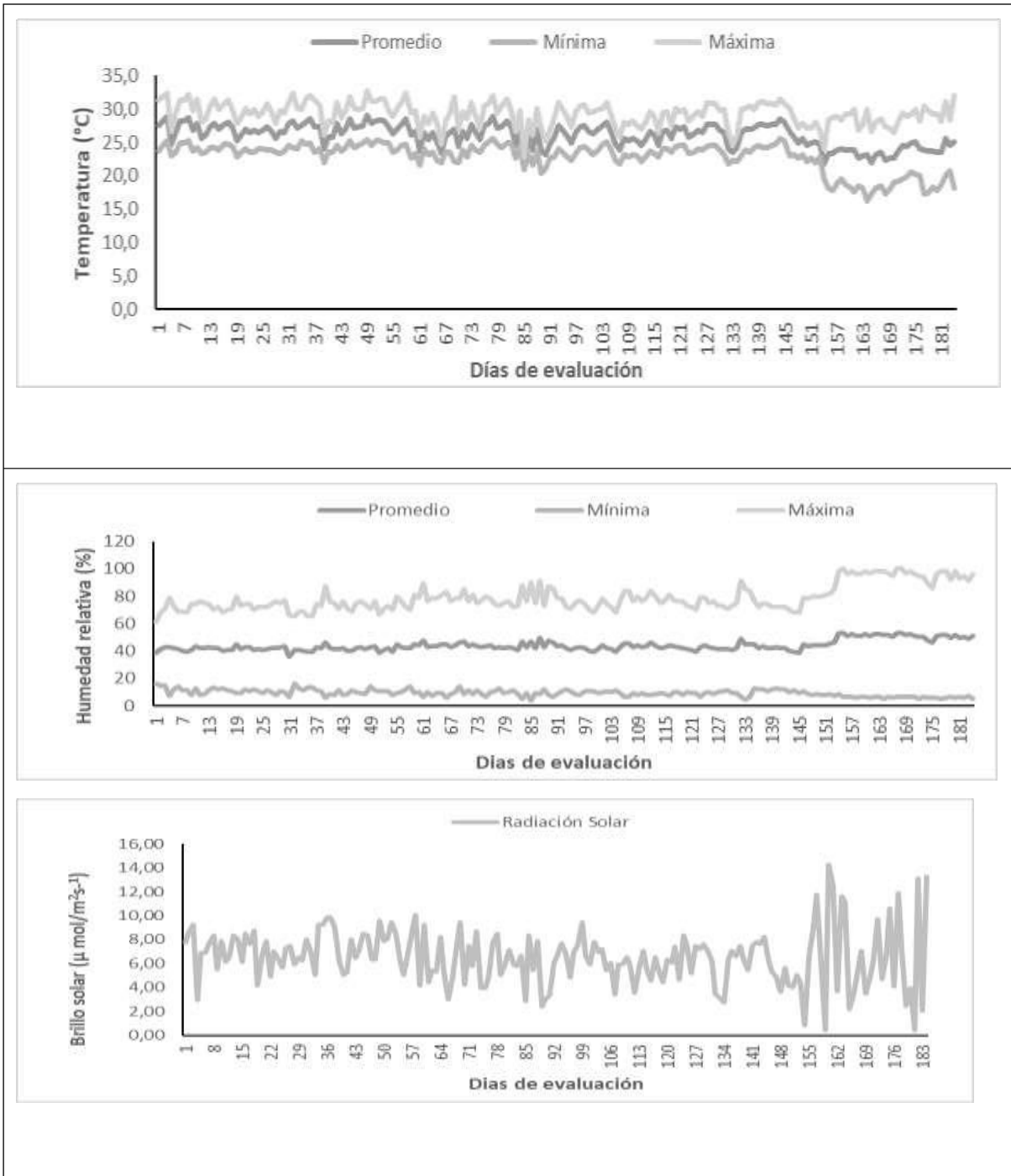


Anexo D. Promedio, mínima y máxima de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), humedad relativa (%) y luz PAR ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) registrados en la casa cuarentena, tipo capilla (T4) con doble cubierta, durante el período agosto 2017 – enero 2018 en Palmira Valle del Cauca.





Anexo E. Promedio, mínima y máxima de temperatura (°C), humedad relativa (%) y luz PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) registrados en campo abierto (T5) durante el período agosto 2017 – enero 2018 en Palmira Valle del Cauca.



Anexo F. Distribución de los materiales de cítricos en el interior de una casa de malla o tratamiento.

