



Universidad  
Nacional  
de Loja

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA**

**Desarrollo vegetativo de naranja bajo estrés hídrico, utilizando diferentes portainjertos naturalizados en la provincia de Loja**

Tesis de grado previo a la obtención del título de  
**INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTORA:**

**Karla Fernanda Chimbo Muima**

**DIRECTOR:**

**Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc**

**LOJA – ECUADOR**

**2022**

**1859**

## CERTIFICADO

Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.  
**DIRECTOR DE TESIS**

### CERTIFICO:

Que luego de haber dirigido y revisado el trabajo de tesis titulado: **“Desarrollo vegetativo de naranja bajo estrés hídrico, utilizando diferentes portainjertos naturalizados en la provincia de Loja”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, del egresado: Karla Fernanda Chimbo Muima, se autoriza su presentación debido a que el mismo se sujeta a las normas y reglamentos generales de graduación exigido para la carrera de Ingeniería Agronómica. En mi calidad de Director de Tesis certifico que la investigación realizada ha sido trabajo propio del egresado y se desarrolló de acuerdo a la planificación y cronograma establecido.

Loja, 30 de agosto del 2021



Firmado electrónicamente por:  
**JOHNNY FERNANDO  
GRANJA TRAVEZ**

---

Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.  
**DIRECTOR DE TESIS**

## CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Una vez cumplida la reunión del tribunal de calificación del trabajo final de tesis titulado: “Desarrollo vegetativo de naranja bajo estrés hídrico, utilizando diferentes portainjertos naturalizados en la provincia de Loja” de la autoría de la señorita Karla Fernanda Chimbo Muima, egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica, misma que ha incorporado todas las sugerencias efectuadas por el tribunal en el documento final, por tal motivo se procede a la aprobación y calificación del trabajo de Tesis de Grado.

En tal virtud, nos permitimos certificar que, en el trabajo final consolidado de investigación está acorde con los requerimientos de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, por tal motivo, se autoriza continuar con los trámites pertinentes.

Loja, 20 de enero del 2022



Firmado electrónicamente por:  
**MIRIAN IRENE  
CAPA MOROCHO**

PhD. Mirian Irene Capa Morocho  
**PRESIDENTA DE TRIBUNAL**

**MARINA  
MAZON  
MORALES** Firmado digitalmente por  
MARINA MAZON  
MORALES  
Fecha: 2022.01.20  
10:31:28 -05'00'

PhD. Marina Mazón Morales  
**VOCAL**

**MARIA  
NATALIA  
MORALES  
PALACIO** Firmado digitalmente  
por MARIA NATALIA  
MORALES PALACIO  
Fecha: 2022.01.20  
12:10:58 -05'00'

PhD. María Natalia Morales Palacio  
**VOCAL**

## AUTORÍA

Yo, Karla Fernanda Chimbo Muima, declaro ser el autor del presente trabajo de Tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Declaro, que durante la investigación y elaboración de la tesis el uso de referencias publicadas por otros autores cumplió con las normas y regulaciones establecidas.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

**Firma:**  Firmado electrónicamente por:  
**KARLA FERNANDA  
CHIMBO MUIMA**

**Autor:** Karla Fernanda Chimbo Muima

**Cédula:** 1150842365

**Fecha:** 20 de enero del 2022

## CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Karla Fernanda Chimbo Muima, declaro ser la autora, de la tesis titulada “Desarrollo vegetativo de naranja bajo estrés hídrico utilizando diferentes portainjertos naturalizados en la provincia de Loja”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Agrónomo, por lo que autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país (RID) y del exterior, con las que mantenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio de dicha tesis que realice una tercera persona.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los veinte días del mes de enero del dos mil veinte y dos, firma el autor:

**Firma:**  Firmado electrónicamente por:  
**KARLA FERNANDA  
CHIMBO MUIIMA**

**Autor:** Karla Fernanda Chimbo Muima

**Número de cédula:** 1150842365

**Dirección:** Av. Chuquiribamba y Lago michigan, Barrio “Pucacocha”

**Correo electrónico:** [karla.chimbo@unl.edu.ec](mailto:karla.chimbo@unl.edu.ec)

**Celular:** 0992071566

### **DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director de tesis:** Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.

**Tribunal de grado:**

**Presidenta:** PhD. Mirian Irene Capa Morocho

**Vocal:** PhD. Marina Mazón Morales

**Vocal:** PhD. María Natalia Morales Palacio

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, agradezco a Dios por guiarme y darme la fortaleza necesaria para seguir adelante; en segundo lugar, a mi familia por su apoyo constante e incondicional cuando todo parecía complicarse.*

*A la carrera de Agronomía y en especial, a los docentes por contribuir en mi formación profesional y personal.*

*Agradezco al Ing. Johnny Granja quien con su paciencia y conocimiento me supo guiar y apoyar durante la realización de mi trabajo de investigación.*

*De manera especial agradezco al Ing. Fidel Castro por todo el apoyo técnico brindado durante el desarrollo de mi proyecto, así también quiero agradecer al Ing. Pedro Guaya por colaborarme con el material vegetal para llevar a cabo esta investigación.*

*Sin olvidar, a mis amigas: Karen, Andrea y Julissa que me han brindado su apoyo incondicional desde el primer día, dándome consejos y palabras de aliento, gracias por su preocupación.*

*Karla Chimbo.*

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por darme salud y permitirme conocer a personas que han aportado a mi crecimiento personal y profesional.*

*A mi madre, por ser una mujer excepcional y madre ejemplar, que hasta el último momento de su vida me ayudó y apoyó a lo largo de mi carrera universitaria y desde el cielo me iluminó para no rendirme y seguir adelante con mis sueños que también eran los de ella, para ti que siempre creíste en mí.*

*A mi padre y hermanos por ser mi fortaleza en los momentos más difíciles y mi apoyo en cada una de las decisiones tomadas, sin su apoyo no lo hubiese logrado, les debo todo lo que soy.*

*Karla Chimbo.*

## TABLA DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
CERTIFICADO .....	II
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	III
AUTORÍA.....	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
DEDICATORIA.....	VII
TABLA DE CONTENIDOS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
TEMA .....	II
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Objetivos .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.1. Objetivo general .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>3</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Origen de los cítricos.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Importancia de los cítricos .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3. Clasificación taxonómica.....</b>	<b>5</b>
<b>2.4. Distribución y principales países productores de cítricos .....</b>	<b>5</b>
<b>2.5. Características morfológicas.....</b>	<b>6</b>
<b>2.6. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo.....</b>	<b>7</b>
<b>2.6.1. Clima y temperatura.....</b>	<b>7</b>
<b>2.6.2. Heliofanía.....</b>	<b>7</b>
<b>2.6.3. Humedad relativa.....</b>	<b>7</b>
<b>2.6.4. Precipitación.....</b>	<b>7</b>
<b>2.6.5. Suelo .....</b>	<b>8</b>
<b>2.7. Importancia de los portainjertos en la citricultura.....</b>	<b>8</b>
<b>2.8. Variedades de portainjertos.....</b>	<b>9</b>
<b>2.8.1. Limón mandarina .....</b>	<b>9</b>
<b>2.8.2. Citrange Carrizo (<i>Poncirus trifoliata</i> x <i>Citrus sinensis</i>).....</b>	<b>10</b>
<b>2.8.3. Naranja agrio (<i>Citrus aurantium</i>) .....</b>	<b>10</b>
<b>2.8.4. Macrophylla (<i>Citrus macrophylla</i>).....</b>	<b>11</b>



2.8.5.	<b>Volkameriano</b> ( <i>Citrus volkameriano</i> ).....	11
2.8.6.	<b>Mandarino ‘Cleopatra’</b> ( <i>Citrus reshni</i> ).....	12
2.9.	<b>Variedades de injertos</b> .....	12
2.9.1.	<b>Naranja grupo navel</b> ( <i>Washington navel</i> ).....	12
2.9.2.	<b>Naranja grupo Sanguina</b> .....	13
2.10.	<b>Influencia del patrón sobre el injerto</b> .....	14
2.11.	<b>Compatibilidad e incompatibilidad del injerto</b> .....	15
2.12.	<b>Estrés hídrico en cítricos</b> .....	16
2.13.	<b>Respuesta de los cítricos al estrés hídrico</b> .....	17
2.14.	<b>Mecanismos de tolerancia frente al estrés hídrico</b> .....	18
2.15.	<b>Efectos del estrés sobre el desarrollo vegetativo en cítricos</b> .....	18
3.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	19
3.1.	<b>Ubicación del estudio</b> .....	19
3.2.	<b>Diseño experimental</b> .....	20
3.3.	<b>Manejo del experimento</b> .....	22
3.4.	<b>Metodología para el primer objetivo</b> .....	23
3.5.	<b>Metodología para el segundo objetivo</b> .....	25
3.6.	<b>Análisis estadístico</b> .....	26
4.	<b>RESULTADOS</b> .....	27
4.1.	<b>VARIABLES VEGETATIVAS</b> .....	27
4.1.1.	<b>Altura de la planta</b> .....	27
4.1.2.	<b>Incremento de la altura</b> .....	28
4.1.3.	<b>Diámetro del portainjerto</b> .....	28
4.1.4.	<b>Longitud e incremento del brote</b> .....	29
4.1.5.	<b>Diámetro del brote</b> .....	31
4.1.6.	<b>Tasas de crecimiento relativa (TCR) y absoluta (TCA) del brote</b> .....	31
4.1.7.	<b>Número de hojas</b> .....	32
4.1.8.	<b>Área foliar</b> .....	33
4.1.9.	<b>Diámetro de copa</b> .....	34
4.1.10.	<b>Volumen de copa</b> .....	35
4.2.	<b>CORRELACIONES</b> .....	36
5.	<b>DISCUSIÓN</b> .....	37
6.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	42
7.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	43
8.	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	44
9.	<b>ANEXOS</b> .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción de los tratamientos establecidos en el ensayo.....	20
<b>Tabla 2.</b> Delineamiento del ensayo experimental .....	20
<b>Tabla 3.</b> Tasa de crecimiento relativa y absoluta del brote en función a los distintos tratamientos.....	32
<b>Tabla 4.</b> Área foliar en función a la especie de portainjerto .....	33
<b>Tabla 5.</b> Correlaciones entre variables .....	36
<b>Tabla 6.</b> Análisis de varianza para variable altura de planta según prueba DGC .....	55
<b>Tabla 7.</b> Análisis de varianza para variable número de hojas según prueba DGC .....	55
<b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza para la variable longitud de brote, según prueba DGC .....	56
<b>Tabla 9.</b> Análisis de varianza para la variable diámetro de copa, según prueba DGC .....	56
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza para la variable volumen de copa, según prueba DGC .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del estudio en la ciudad de Loja, sector “La Argelia” .....	19
<b>Figura 2.</b> Esquema del diseño experimental .....	21
<b>Figura 3.</b> Inmersión de raíces de cítricos en ácidos húmicos.....	22
<b>Figura 4.</b> Propagación de naranja utilizando el injerto de yema en T invertida .....	22
<b>Figura 5.</b> Altura de planta en función a la variedad de naranja empleada.....	27
<b>Figura 6.</b> Dinámica del incremento de la altura de planta .....	28
<b>Figura 7.</b> Crecimiento del diámetro del portainjerto desde el inicio hasta el final del ensayo .....	29
<b>Figura 8.</b> Longitud de brote en relación al tipo de portainjerto .....	30
<b>Figura 9.</b> Dinámica del incremento de la longitud del brote .....	30
<b>Figura 10.</b> Crecimiento del diámetro del brote desde el inicio hasta el final del ensayo .....	31
<b>Figura 11.</b> Número de hojas en función al tipo de portainjerto .....	32
<b>Figura 12.</b> Modelo potencial para el análisis del área foliar en función del ancho de la hoja en plantas de naranja.....	33
<b>Figura 13.</b> Diámetro de copa en función al portainjerto empleado .....	34
<b>Figura 14.</b> Volumen de copa en función al portainjerto empleado.....	35
<b>Figura 15.</b> Preparación del sustrato.....	52
<b>Figura 16.</b> Poda de raíces y enfundado .....	52
<b>Figura 17.</b> Adecuación del material vegetal (injerto de yema en T invertida) .....	52
<b>Figura 18.</b> Descope de las plantas a los 21 días después de ser injertadas .....	53
<b>Figura 19.</b> Brotes a los 40 y 70 días después de haber injertado .....	53
<b>Figura 20.</b> Controles fitosanitarios.....	53
<b>Figura 21.</b> Implementación del ensayo en campo y toma de datos .....	54
<b>Figura 22.</b> Fotografía de hoja para determinación del área foliar mediante Photoshop .....	54
<b>Figura 23.</b> Hojas de naranja en diferentes estados fenológicos para determinación del área foliar.....	54

**DESARROLLO VEGETATIVO DE NARANJA BAJO ESTRÉS  
HÍDRICO, UTILIZANDO DIFERENTES PORTAINJERTOS  
NATURALIZADOS EN LA PROVINCIA DE LOJA**

## RESUMEN

Los cítricos son un cultivo perenne de gran importancia a nivel mundial; es por ello que la importancia de este cultivo ha llevado a desarrollar diversos estudios enfocados en la utilización de diferentes patrones y la influencia que este pueda inferir en el desarrollo vegetativo y productivo del cultivar injertado bajo distintas condiciones ambientales y de estrés hídrico. En el país, el uso de portainjertos con características promisorias, es poco conocido por tal razón, el objetivo de este trabajo fue evaluar el desarrollo vegetativo de naranja bajo estrés hídrico sobre diferentes portainjertos de cítricos naturalizados. El ensayo se realizó en la quinta experimental docente “La Argelia”. Se estableció bajo un diseño en Parcelas divididas con arreglo bifactorial en la subparcela. Los tratamientos fueron para la parcela principal el factor riego (100 % y 60 % de su CC) y para la subparcela, se utilizaron dos especies de patrones (Limón mandarino y Naranja agria) y dos cultivares de naranja (Washington Navel y Sanguina) obteniendo un total de 48 unidades experimentales con 8 tratamientos y 6 repeticiones. Las variables vegetativas evaluadas fueron altura de planta, diámetro del portainjerto, longitud y diámetro del brote, Tasa de crecimiento absoluta y relativa del brote (TCA y TCR), número de hojas, volumen de copa, diámetro de copa y área foliar. El efecto de los tratamientos sobre las variables dependientes se evaluó mediante ANOVA y test DGC ( $p < 0,05$ ). Si bien, en la mayoría de las variables no se encontraron efectos significativos de los tratamientos para las interacciones dobles y triples, si se observó un efecto independiente del factor portainjerto y variedad. En este sentido, el factor riego no mostró diferencia significativa para las variables vegetativas; por otro lado, el portainjerto favoreció a las variables longitud del brote, número de hojas, área foliar, diámetro y volumen de copa ( $p < 0,05$ ) obteniendo los mayores valores; mientras el factor cultivar presentó mayor influencia para la variable altura de planta.

Los resultados de este trabajo indican que la especie de portainjerto influye en el desarrollo de las plantas de naranja; sin embargo, es necesario continuar los estudios en etapas posteriores para evaluar el efecto sobre las variables asociadas al rendimiento y la producción.

**Palabras clave:** cítrico, portainjerto, cultivar, estrés hídrico, desarrollo vegetativo.

## ABSTRACT

Citrus fruits are a perennial crop of great importance worldwide; that is why the importance of this crop has led to the development of various studies focused on the use of different patterns and the influence that this may have on the vegetative and productive development of the grafted cultivar under different environmental conditions and water stress. The use of rootstocks with promising characteristics has been a highly debated and little known aspect for the vast majority of producers; for this reason, it is necessary to investigate the vegetative development of orange under water stress, using different naturalized rootstocks in the province of Loja. The objective of this work was to evaluate the vegetative development of orange under water stress on different rootstocks of naturalized citrus fruits. The test was carried out in the fifth experimental teacher "La Argelia". It was established under a design in divided plots with a bifactorial arrangement in the subplot. The treatments were for the main plot the irrigation factor (100 % and 60 % of its CC) and for the subplot, two species of patterns were used (Mandarin Lemon and Sour Orange) and two orange cultivars (Washington Navel and Sanguina) obtaining a total of 48 experimental units with 8 treatments and 6 repetitions. The vegetative variables evaluated were plant height, rootstock diameter, shoot length and diameter, absolute and relative shoot growth rate (TCA and TCR), number of leaves, crown volume, crown diameter and leaf area. The effect of the treatments on the dependent variables was evaluated by ANOVA and DGC test ( $p < 0,05$ ). Although, in most of the variables, no significant effects of the treatments were found for double and triple interactions, an independent effect of the factor rootstock and variety was observed. In this sense, the irrigation factor did not show a significant difference for the vegetative variables; on the other hand, the rootstock favored the variables sprout length, number of leaves, leaf area, diameter and crown volume ( $p < 0,05$ ) obtaining the highest values; while the cultivar factor presented greater influence for the variable plant height.

The results of this work indicate that the rootstock species influences the development of orange plants; however, it is necessary to continue the studies in later stages to evaluate the effect on the variables associated with yield and production.

**Keywords:** citrus, rootstock, cultivar, water stress, vegetative development.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los cítricos están dentro del grupo de frutales más cultivados y de mayor demanda en el mundo, debido a la calidad organoléptica y nutritiva de sus frutos. En los últimos años, a nivel mundial, se ha experimentado un aumento en la demanda de este cultivo, ya sea para el consumo en fresco o bien como producto elaborado, provocando un incremento en su siembra, principalmente de naranjas (López & Cardona, 2010).

Los cítricos constituyen el principal producto frutícola, alcanzando una producción de 101, 5 millones de t, correspondiendo el 53,4 % a naranjas, el 31,5 % a mandarinas, el 8,3 % a limones y limas y el 6,7 % a pomelos para el año 2019 FAOSTAT (2019). En Ecuador según INEC (2019) la superficie sembrada en el año 2019 fue de 10 219 ha en monocultivo y 58 219 ha en asocio con una producción de 142 546 t.

En Ecuador hay un déficit anual en la producción y una de las causas es la poca tecnificación agronómica, pese a ser un país con condiciones edáficas y climáticas favorables, entre las cuales se menciona el fotoperíodo que es de  $12 \pm 1$  horas de luz que beneficia la producción de cultivos cítricos y frutas en general (Aduana del Ecuador, 2019)

Según Ojeda (2015) la provincia de Loja, cuenta con una diversidad cítrica introducida, que, debido a la gran variedad de pisos altitudinales, climas térmicos y pluviométricos, hace suponer que diferentes especies cítricas como la naranja, se fueran adaptando a cada localidad originando variedades que con el pasar del tiempo se han ido naturalizando como si fueran autóctonas del lugar. En la provincia de Loja existe una superficie sembrada de 191 ha en cultivos solos, mientras que en cultivos asociados existe una superficie de 474 ha (Pardo & Orejuela, 2014). Chaguarpamba, Catamayo y Puyango son los cantones de la provincia de Loja que mayormente se dedican a la producción de naranja beneficiando a más de 96 productores (MAG, 2018).

Según Chabbal *et al.* (2015), uno de los principales problemas que enfrenta la citricultura ecuatoriana es el estrés hídrico, teniendo en cuenta que la mayoría de plantas que están en los huertos productivos son individuos provenientes de semillas; y no se realizan injertos, además de ser criollas, lo que origina heterogeneidad en rendimiento, problemas estacionales de cosecha, baja calidad de fruta y; susceptibilidad a plagas y enfermedades (Valarezo *et al.*, 2014).

La utilización de portainjertos con características promisorias, ha sido un aspecto muy discutido y poco conocido para la gran mayoría de productores. Wagner *et al.* (2018) señalan que la evaluación de los cultivares cítricos sobre diferentes patrones y bajo distintas condiciones ambientales y de estrés hídrico son necesarios para determinar la tolerancia del portainjerto y la influencia que pueda inferir en el desarrollo vegetativo del injerto. Según Rodríguez (2012) una de las alternativas para el correcto manejo del estrés es el empleo de portainjertos resistentes o tolerantes a este tipo de estrés, para así obtener rendimientos considerables que resulten rentables para el citricultor.

En este contexto, es evidente que la utilización de un buen patrón y un adecuado manejo agronómico del cultivo son actividades claves para un óptimo crecimiento y desarrollo vegetativo de naranja; además, surge la importancia de conocer portainjertos alternativos que confieran tolerancia al déficit hídrico en diferentes combinaciones patrón-injerto, con ensayos de nuevos materiales y la selección de aquellos de comportamiento promisorio, que se adapten a las condiciones imperantes del lugar, que permitan incrementar la productividad y además le confieran tolerancia al ataque de plagas y enfermedades. (Garavello , Beltran, & Kornowski, 2011)

El presente estudio busca generar información acerca de la influencia del estrés hídrico y la compatibilidad patrón-variedad sobre el desarrollo de naranja en etapas tempranas, lo que podría ayudar a mejorar los conocimientos sobre estos factores para un potencial uso agronómico, enfocado a incrementar la productividad de este cultivo. Todo ello tendrá un impacto social y económico positivo en los productores de cítricos de la provincia de Loja y zonas con condiciones edafoclimáticas similares.



## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar el desarrollo vegetativo de naranja bajo estrés hídrico, sobre diferentes portainjertos de cítricos naturalizados.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

Describir el desarrollo vegetativo de dos variedades de naranja, sobre dos portainjertos naturalizados en condiciones normales de humedad del sustrato.

Describir el desarrollo vegetativo de dos variedades de naranja, sobre dos portainjertos naturalizados en condiciones de estrés hídrico.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Origen de los cítricos**

El origen de los cítricos se atribuye a casi todas las regiones del mundo, las numerosas especies del género *Citrus* provienen de las zonas tropicales y subtropicales de Asia y del archipiélago Malayo (Micheloud, 2012); desde allí se distribuyeron a las otras regiones del mundo donde hoy se cultivan cítricos. El área comúnmente asociada a su origen está ubicada en el sudeste de Asia, incluyendo una zona que abarca desde la vertiente meridional del Himalaya hasta China Meridional, Indonesia, Tailandia, Malasia e Indochina. Dentro de esta gran región, el noreste de India y norte de Burma, serían las regiones más importantes, debido a la diversidad de especies encontradas recientemente en la provincia de Yunnan (centrosur de China) (Anderson, 2015).

### **2.2. Importancia de los cítricos**

Según Susan & Robin (2009), los cítricos están considerados entre las frutas frescas de mayor valor nutritivo. Ello se debe a un equilibrado contenido en agua, azúcares, ácidos, sales minerales, fibras y vitaminas, siendo indiscutible su elevado contenido en vitamina C que es un antioxidante capaz de prevenir la formación de radicales libres, encargados de ocasionar deterioro celular.

La importancia económica de los cítricos según Roldan & Salazar (2004), radica en que solamente Brasil representa el 21,4 % de la producción mundial y según Carbonell (2018), en Argentina emplean a 5 300 productores de cítricos, 33 empacadoras de fruta, 75 casas empacadoras de fruta para exportación, 22 plantas industriales, 91 490 mano de obra directa, 6 440 empleos permanentes, 5 460 viveristas, 27 900 empleos para labores de poda, desmalezado y labores de precosecha, 25 000 para labores de cosecha, 58 350 empleos transitorios, etc., en todos los procesos de producción de esta fruta.

### 2.3. Clasificación taxonómica

Los cítricos pertenecen a la familia de las Rutáceas. Las especies más cultivadas del género *Citrus* son: naranjas dulces (*Citrus sinensis*), naranjos agrios (*Citrus aurantium*), mandarinas (*Citrus reticulata*), pomelos (*Citrus paradisi*), limas ácidas (*Citrus aurantifolia*), limones verdaderos (*Citrus limón*), cidras (*Citrus medica*) y toronjas (*Citrus máxima*).

Según Beñatena & Anderson (2015) la clasificación taxonómica de *Citrus L.* es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Sapindales

Familia: Rutaceae

Subfamilia: Citroideae

Tribu: Citreae

Género: *Citrus L.*

### 2.4. Distribución y principales países productores de cítricos

Según Varela (2018) los dos mayores productores de cítricos son Brasil con 18 685 toneladas y Estados Unidos con 7 357 toneladas, participando respectivamente con el 21,4 % y 14,5 % de la producción mundial. Le siguen en importancia India (4 266,9 toneladas), México (4 248,7 toneladas), y el quinto lugar lo ocupa China con 3 172,9 toneladas, representando en conjunto el 27,6 % del total mundial. En el año 2017 la Organización para la agricultura y alimentación (FAO) reportó 120 millones de toneladas de fruta fresca producida mundialmente, siendo la naranja la especie más cultivada a nivel mundial con alrededor de 63,3 millones de toneladas que representan el 52,9 % del total de la producción de cítricos mundiales.

## 2.5. Características morfológicas

Franco (2017) afirma que, normalmente, los cítricos presentan un solo tronco de forma cilíndrica con acanaladuras más o menos marcadas que van del injerto al suelo. En él se localizan las hojas, yemas (axilares y apicales), ramas, espinas, flores y los frutos. A partir de 60 a 100 cm del suelo comienza la formación de las ramas, cuya inclinación depende de la variedad injertada.

Las hojas de los cítricos son unifoliadas y de nerviación reticular, sin embargo, en el género *Poncirus* y sus híbridos son trifoliadas. Los pecíolos son alados en muchas especies como en el naranjo amargo, los pomelos y las toronjas, mientras que los pecíolos son pequeños en las naranjas y mandarinas y en los limones apenas son visibles (González & Tullo, 2019). La raíz de los cítricos es sólida, blanca y bajo condiciones de cultivo poseen una gran cantidad de pelos radiculares superficiales. Presenta una raíz principal del que salen las raíces secundarias formando una masa densa de raíces.

La flor aparece generalmente después del reposo invernal o tras un periodo de sequía, se inicia la formación de flores a partir de las yemas situadas en las axilas de las hojas Alvarado *et al.* (2012). La diferenciación floral tiene lugar al mismo tiempo que se inicia la brotación, de modo que las yemas inicialmente dan lugar a brotes vegetativos, pero en ocasiones el meristemo apical del brote en crecimiento se transforma en una flor terminal.

El fruto de los cítricos es una baya denominada hesperidio, surge como consecuencia del crecimiento del ovario. El pericarpio es la parte más externa del fruto y está formada por el exocarpo, el mesocarpo y el endocarpo donde se inician los sacos de jugo o vesículas que abarcan la mayor parte de los frutos en desarrollo (González & Tullo, 2019).

## **2.6. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo**

### **2.6.1. Clima y temperatura**

En Ecuador, los cítricos se cultivan desde los 1 600 hasta los 1 800 m s n m, este es un factor decisivo, ya que la naturaleza del mismo determina la posibilidad o imposibilidad del cultivo. Las temperaturas óptimas para los cítricos en Ecuador están entre los 18 °C y 30 °C. En temperaturas mayores a 39 °C o inferiores a los 13 °C, el crecimiento vegetativo empieza a detenerse por el bajo desarrollo fotosintético y escaso intercambio gaseoso (Valarezo *et al.*, 2014).

### **2.6.2. Heliofanía**

Es un factor relevante para los cítricos, por lo cual necesitan de ocho a 12 horas de luz directa o indirecta para realizar sus actividades metabólicas (Valarezo *et al.*, 2014).

### **2.6.3. Humedad relativa**

Los frutos de todas las variedades de cítricos cultivadas en lugares donde la humedad relativa es alta entre el 40 % a 70 %, pueden llegar a obtener la cáscara más delgada y suave, mayor contenido en jugo y son de mejor calidad que las cosechadas en los valles calientes que tienen un promedio de 34 °C de temperatura (Quiñónez, 2015).

### **2.6.4. Precipitación**

Los cítricos son especies sensibles al exceso de agua, ya que un mal drenaje y textura pesada del suelo lleva a la pudrición radicular y posterior muerte de la planta, son especies que se han adaptado a tolerar límites de estrés hídrico por déficit siendo su necesidad o rango óptimo entre 900 a 1 200 mm/año de precipitación (Valarezo *et al.*, 2014).

### **2.6.5. Suelo**

En general todos los suelos son aptos para cultivar cítricos, pero es necesario no considerar los arcillosos, salinos, mal drenados y aquellos que permanecen saturados de agua, aunque sea por poco tiempo ya que son susceptibles a la pudrición radicular. Los suelos deben tener una textura limo-arenosa, donde la permeabilidad y profundidad sean parte del mismo. El pH ideal para el cultivo de los cítricos oscila entre 5,5 y 6,5; fuera de este rango, se presentan problemas nutricionales difíciles y costosos de corregir (Franco, 2017)

### **2.7. Importancia de los portainjertos en la citricultura**

La importancia en el empleo de portainjertos radica en que este formará parte del sistema radicular de la variedad elegida, responsable de la absorción de agua y elementos nutritivos, permitiendo el crecimiento de una determinada variedad en condiciones ecológicas determinadas y confiriendo tolerancia a algunas enfermedades (Anderson, 2012).

Según Camacho *et al.* (2016), el empleo de portainjertos en los frutales ha constituido uno de los grandes artificios utilizados por el hombre, a través del cual no solo ha logrado un incremento relevante de los rendimientos y la calidad de los frutos, sino que también le ha permitido su explotación en sitios con características que le son adversas para el normal desarrollo de las diferentes especies de cítricos, además de proporcionarles resistencia o tolerancia al ataque de plagas y enfermedades.

Los árboles de cítricos cultivados hoy en día, se caracterizan por estar formados por la unión en simbiosis de dos individuos por medio de un injerto. Uno de los individuos denominado patrón o portainjerto es el que constituye el sistema radical y una parte del tallo sobre el cual se injerta la yema, vareta o púa. El otro forma la copa o la parte aérea, que producirá los frutos correspondientes a su naturaleza genética (Escobar, 2012).

## 2.8. Variedades de portainjertos

### 2.8.1. Limón mandarina (*Citrus x limonia*)

*Citrus x limonia* es un patrón poco estudiado a nivel nacional. Los frutos son ovalados, de tamaño mediano y de cáscara anaranjada profunda a rojiza. El número promedio de semillas fluctúa entre 6 y 15 por fruto (Morín, 2011). Tiene un sistema radical bien desarrollado que le permite alcanzar una alta tolerancia a la sequía; es adaptable a suelos calcáreos y tiene cierta tolerancia a la presencia de sal. Es un patrón susceptible a gomosis, no tolera excesos de agua en el suelo y altamente susceptible a exocortis.

Limón mandarina es un híbrido, resultado de la unión entre limón (*Citrus limon*) y la mandarina (*Citrus reticulata*), también conocido como limón paraguayo, limón misionero, lima mandarina, lima de Cantón, limón rugoso, lima rangpur, limón cravo y limela. Se asemeja a los mandarinos, árbol pequeño a mediano de 3,5 m de altura, de crecimiento vigoroso, tallos medianamente espinosos, tiene flores pequeñas de 3 cm de diámetro y se desarrolla bien en zonas cálidas y húmedas (Stampella *et al.*, 2013).

Es un patrón que induce buen vigor al injerto y producción en el árbol desde edades tempranas, es precoz y productivo lo cual permite cosechar frutas de buen tamaño y calidad aceptable (menos grados brix y acidez), la pulpa es de color naranja al igual que la cáscara, es un fruto de forma redondeada de tamaño mediano de 3 a 6 cm de diámetro. En este cítrico, mientras los frutos ya están maduros, simultáneamente la floración continúa brotando, es un ciclo que se repite casi de manera perenne. Es muy resistente a la sequía por su sistema radical bien desarrollado, razón por la cual es utilizado en gran escala en Brasil en zonas de secano con buenos resultados, pero es sensible al frío, no tolera exocortis ni gomosis, pero es tolerante al virus de la tristeza de los cítricos (CTV) (Amórtegui & Capera, 2010). Por otra parte, Davis & Anderson (2018), mencionan que este portainjerto está clasificado dentro del grupo misceláneo por sus características semejantes a las mandarinas. Es un cultivo muy precoz y productivo, da buen tamaño de fruta con una calidad algo inferior a la que se obtiene sobre trifolio, ya que tiene menos cantidad de sólidos solubles y acidez.

### **2.8.2. Citrange Carrizo (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*)**

Procede vegetativamente del mismo cruce que originó al Troyer, con las mismas características de tolerancia, sin embargo, lo supera en su resistencia a la gomosis. Ambos Citrange (Troyer y Carrizo), ocasionan un ligero estrangulamiento a nivel de la cicatriz del injerto, lo que permite “enanizar” a las plantas injertadas sobre ellos, sin perder su capacidad de producción. (Valarezo *et al.*, 2014)

### **2.8.3. Naranja agrio (*Citrus aurantium*)**

Se lo conoce también con los nombres de naranja amarga, naranja andaluza y naranja cajera, es probablemente el portainjerto más usado en todo el mundo. Sin embargo, su susceptibilidad a tristeza ha restringido su uso en áreas donde la enfermedad es endémica, como en Argentina. El naranja agrio es un excelente pie para zonas libres de tristeza que producen fruta para consumo en fresco. En la zona del río Uruguay se lo usa muy poco y sólo como portainjerto de limonero Eureka (Davis & Anderson, 2018).

Según Morín (2011), este patrón fue utilizado a nivel mundial principalmente en suelos bajos, pesados y de pobre drenaje, en suelos arenosos el crecimiento inicial es muy lento. Los frutos del naranja agrio son subglobosos y de color anaranjado brillante, estos se quedan en la planta hasta alcanza completa madurez sin perder sus cualidades, es una fruta con muy buena calidad, ya que la cáscara es delgada y el jugo abundante con un alto porcentaje de sólidos solubles; naranja agrio es un patrón altamente resistente a gomosis, pero susceptible a CTV, razón por la que prácticamente se ha eliminado de la industria de los cítricos.

Las plantas son medianamente vigorosas y de tamaño mediano a grande. Una característica que ayuda a su reconocimiento es el sobrecrecimiento del tronco de casi todas las variedades de copa por encima de la zona de unión (injerto/pie). Prospera adecuadamente en suelos de mediana fertilidad y es comúnmente usado en aquellos pesados y con drenaje pobre, debido a su tolerancia intermedia a *Phytophthora*. Se adapta a suelos con pH alto y salinos (Davis & Anderson, 2018).



Los cítricos injertados sobre este patrón son de porte mediano, tienen buena producción y fruta de excelente calidad, con alto contenido de acidez y vitamina C. Se usa como patrón para naranjas, pomelos y mandarinas con buenos resultados; es el patrón mejor adaptado a las condiciones del trópico húmedo (Hernández, 2010). Por otro lado, Vanegas (2012) menciona que este cítrico es de crecimiento rápido y uniforme en vivero y relativamente tolerante a suelos húmedos.

#### **2.8.4. Macrophylla (*Citrus macrophylla*)**

Tiene características morfológicas similares a los limoneros y limeros. Las variedades injertadas sobre este pie son vigorosas, grandes y muy productivas, con características similares cuando son injertadas sobre limonero rugoso. Crece bien en suelos arenosos, calcáreos, con pH alto; es muy tolerante a la sequía. Macrophylla es sensible al frío, generalmente más que el limonero rugoso. Las variedades comerciales injertadas en este portainjerto, excepto el limón, son susceptibles a la tristeza, aunque no tanto como el naranjo agrio. Es un excelente portainjerto para limones y limas (Davis & Anderson, 2018).

Patrón exclusivamente utilizado para limonero por su resistencia a la salinidad, brinda características de vigor y productividad a las especies injertadas sobre él, adelanta la maduración, pero disminuye la calidad de la fruta; las variedades injertadas sobre este patrón son susceptibles a CTV excepto el limonero (InfoAgro, 2011).

#### **2.8.5. Volkameriano (*Citrus volkameriano*)**

Híbrido de limón, promueve mayor vigor y tamaño en las plantas injertadas, la producción es muy buena pero la fruta es de poca calidad, tolera el frío, CTV, exocortis (enfermedad que se caracteriza por la aparición de escamas y grietas verticales en la corteza, manchas amarillas en los brotes tiernos y enanismo, en especies sensibles) y psoriasis (virus que debilita los árboles, se caracteriza por la formación de escamas en ramas, ramillas y tronco). Tiene un buen comportamiento como patrón de limoneros (InfoAgro, 2011).

### **2.8.6. Mandarino ‘Cleopatra’ (*Citrus reshni*)**

Fue el patrón tolerante más empleado, actualmente sólo se utiliza en zonas con elevados contenidos de cal o problemas de salinidad. El vigor que induce sobre la variedad es menor que otros patrones y aunque da fruta de mucha calidad, el calibre y la piel es más fina, factores a tener muy en cuenta en algunas variedades. Bastante sensible a *Phytophthora* spp. y a la asfixia radicular; se debe evitar plantar en suelos arcillosos o que se encharquen. Aunque de buenas cualidades, las plantaciones con este patrón muestran un comportamiento irregular e imprevisible, en algunos casos de desarrollo es deficiente en los primeros años. La mayoría de las variedades comerciales injertadas sobre mandarina Cleopatra son plantas medianamente vigorosas, grandes pero muy poco precoces en la producción de fruta (InfoAgro, 2011).

## **2.9. Variedades de injertos**

### **2.9.1. Naranja grupo navel (*Washington navel*)**

Según Orduz & Mateus (2012) las variedades de este grupo se caracterizan porque sus flores dan lugar a un doble fruto. El fruto secundario está incluido en el principal y exteriormente recuerda a un ombligo (navel) lo que da nombre al grupo. Como frutas frescas son de excelente calidad, pero no se utilizan para agroindustria por su contenido de limonina, que confiere sabor amargo al jugo, aparte de que proporciona menor cantidad de jugo que otras variedades.

Los árboles son de vigor y tamaño medio, productivo y el fruto puede permanecer en el árbol, durante bastante tiempo, en buenas condiciones. El fruto es de tamaño grande, color naranja intenso, redondeado o ligeramente ovalado, alcanza la madurez natural, presenta un ombligo de tamaño variable visible al exterior. Su corteza es gruesa y se pela con facilidad. La pulpa de textura firme y dulce con adecuada acidez. Es una de las variedades más cultivadas en Perú y en el mundo debido a su gran calidad para consumo en fresco (Linares, 2013)

Las naranjas Navel son de madurez precoz y dan frutos sin semillas, unas veces porque las células madres de los granos de polen degeneran y otras porque es el saco embrionario el que degenera, los óvulos no son fecundados y, por lo tanto, no presentan semillas (López , 2016).

Rojas (2018) señala que, el árbol es vigoroso y frondoso, de mayor desarrollo que la variedad Navelina y Newhall. El hábito de crecimiento es abierto y ligeramente caído, de aspecto esférico, con las ramas con una cierta espinosidad que desaparece con el tiempo. Las hojas son grandes, lanceoladas, de color verde. Los frutos son de tamaño grande, esféricos y en general, con ombligo grande.

### **2.9.2. Naranja grupo Sanguina**

La característica principal de estas variedades es que sus frutos contienen en la pulpa y en la corteza un pigmento rojo, soluble en agua. La inclusión de variedades de otros grupos ha generado una disminución en el cultivo de las variedades sanguinas en los países productores. Algunas variedades de este grupo son: Doble fina, Entre fina y Sanguinelli (Orduz & Mateus, 2012). En general son variedades que proceden unas por mutaciones de otras. Los árboles de este grupo son pequeños, de follaje espeso, de color claro y con decoloraciones foliares irregulares.

El fruto es de tamaño mediano a pequeño, de forma alargada o redondeada, corteza fina y elevado contenido en zumo que tienen un sabor especial parecido al de las cerezas o frambuesas (Agustí, 2015). Las naranjas sanguinas tienen un atractivo color rojizo tanto en la pulpa como en el zumo y la corteza, gracias a la presencia de antocianinas que son un grupo de metabolitos responsables de los pigmentos de color rojo (López , 2016). En el continente europeo y particularmente en Italia es muy apetecida ya que se produce un zumo atractivo y refrescante que recuerda al zumo del tomate (Cordero, 2020).

## **2.10. Influencia del patrón sobre el injerto**

Según Orduz & Mateus (2012) se estima que más de 20 características propias de una variedad pueden ser influenciadas por el portainjerto: la altura, vigor y enraizamiento de la planta; la tolerancia a los factores abióticos como déficit hídrico, bajas temperaturas, salinidad, acidez de los suelos o exceso de agua; la resistencia o tolerancia a plagas y enfermedades; la productividad, tamaño, calidad interna y externa de la fruta y la fecha de madurez. Si bien no existe el portainjerto ideal para una situación particular, la elección del portainjerto debería estar basada en la consideración de la mayoría de los factores limitantes para la producción del cultivo con un objetivo específico (fruta fresca o industria) en una determinada zona (Anderson, 2012).

Por su parte Jiménez & Zamora (2010) mencionan que la selección del patrón a utilizar es de gran importancia en el establecimiento del cultivo, pues es el patrón quien aporta el sistema radicular de la planta y este es el responsable de la absorción y transporte de nutrientes. Los patrones son los que soportan las condiciones particulares del suelo (contribuyendo o no a la adaptación de variedades), y pueden conferir tolerancia o resistencia a hongos y a enfermedades sistémicas ocasionadas por virus.

Otros autores plantean que este influye también sobre otras variables como calidad de la cosecha, formación de yemas florales, color y madurez de los frutos, resistencia al frío y a las enfermedades, y época de maduración (Amórtegui & Capera, 2010).

Según Agustí (2015), para que una especie de cítricos sea escogida como patrón debe reunir fundamentalmente las siguientes características:

- Tener tolerancia a condiciones desfavorables del suelo (salinidad, suelos pesados), agua y clima (bajas temperaturas).
- Ser resistente o tolerante a plagas y enfermedades.
- Ser compatible con la variedad a injertar, ejercer la influencia deseada en el desarrollo del árbol e inducir productividad.

- Rápida entrada en producción, productividad elevada y continua.
- Buena calidad de fruta (calibre, sólidos solubles y acidez) con calidad uniforme en los frutos.

### **2.11. Compatibilidad e incompatibilidad del injerto**

Para que se realice el injerto o soldadura es indispensable que haya afinidad entre los individuos; esto consiste en una vegetación análoga, estructura, nutrición y época de brotación, contextura del patrón y del injerto. La simpatía o afinidad entre especies no depende necesariamente de la familia botánica, ni de la similitud anatómica o fisiológica (Medrano, 2014).

Hartmann y Kester (2012), mencionan que la compatibilidad, se refiere a la pacífica convivencia entre patrón e injerto; la situación contraria se conoce como incompatibilidad, que en algunas situaciones no presenta ninguna consecuencia, pero que en otras resulta ser más grave especialmente cuando entre patrón e injerto existen diferencias de orden bioquímico, enzimático y hormonales. Así mismo, estos autores indican que los síntomas de incompatibilidad son muy variados: desde la coloración roja precoz de las hojas o la falta de desarrollo. A pesar de que las plantas pueden ser muy fuertes durante los dos primeros años, es posible ver como las hojas mueren al año siguiente, o como se rompe la rama por el punto del injerto (Morín, 2011).

De acuerdo a Peñafiel (2016) la afinidad es la facultad de unión, y compatibilidad la característica que determina que la unión persista en forma conveniente entre el patrón y el portainjerto.

## 2.12. Estrés hídrico en cítricos

Las reacciones de los cítricos al déficit hídrico han demostrado que la sensibilidad del rendimiento en relación al estrés depende de la fase fisiológica en la que se aplique dicho estrés. Un suministro de agua adecuado es importante durante la floración y fijación de los frutos y un segundo período crítico coincide con la fijación del fruto hasta la cosecha. El estrés hídrico en su primer período incrementa la abscisión de las flores y fruto jóvenes y en su segundo período reduce el tamaño del fruto. En cualquier momento que la planta pasa por estrés hídrico, su crecimiento se reduce. En el caso de los cítricos y otras plantas frutales, el rendimiento y el tamaño de los frutos está estrechamente ligado a la biomasa total de la planta. Durante ciertos períodos del crecimiento de la planta se puede mantener cierto estrés hídrico sin reducir la producción y la calidad de los frutos (ANR, 2018).

Desde un punto de vista ecofisiológico, se ha definido al estrés hídrico como cualquier limitación al funcionamiento óptimo de una planta, impuesta por una disponibilidad de agua insuficiente (Medrano *et al.*, 2019). Desde un punto de vista fisiológico la palabra estrés remite a algún tipo de sufrimiento, por ejemplo, una alteración del funcionamiento normal con consecuencias sobre el crecimiento o el desarrollo de la planta (Vila, 2011).

Cuando las plantas se encuentran en condiciones de estrés hídrico y pierden agua, su potencial hídrico ( $\Psi$ ) disminuye. Esto ocurre normalmente de forma simultánea a una disminución del potencial de turgencia y a una disminución del potencial osmótico, al implicar la pérdida de agua una mayor concentración de solutos. Sin embargo, en las plantas que poseen ajuste osmótico, la bajada del  $\Psi$  no implica necesariamente una pérdida de turgencia ya que estas plantas son capaces de acumular de forma activa sustancias osmóticas que disminuyen el potencial osmótico ( $\Psi_s$ ), al menos temporalmente, evitando la pérdida de turgencia y en consecuencia permitiendo el desarrollo normal de la fisiología celular (Golovina & Buintink, 2015).

### **2.13. Respuesta de los cítricos al estrés hídrico**

El agua es extraída a través del sistema radicular y transportada por la corriente xilemática, luego se distribuye como parte constituyente de la planta hasta alcanzar la atmósfera mediante el proceso de transpiración, que se da en respuesta al gradiente de energía aportada por la radiación solar (Salisbury & Ross, 2009). El crecimiento y desarrollo de la planta está influenciado por el medio ambiente, especialmente por la disponibilidad de agua, debido a que esta cumple un papel vital, pues interviene prácticamente en todos los procesos fisiológicos.

Según Ballester *et al.* (2018), un déficit hídrico afecta negativamente las funciones fisiológicas como fotosíntesis, respiración, reacciones metabólicas y anatómicas, crecimiento, reproducción, desarrollo de semillas, absorción de nutrientes minerales, transporte de asimilados y producción. El efecto dependerá de la intensidad de la sequía, de la duración de la misma y de la época en que ocurre dentro del ciclo del cultivo, esto ocurre tanto en cítricos como en otras especies.

Según Rodríguez (2012), el cierre estomático es el principal mecanismo vegetal para evitar la pérdida de agua cuando los cítricos están sometidos a déficit hídrico. Frente al estrés hídrico, los cítricos tienen la capacidad de almacenar grandes cantidades de agua en la madera y frutos, lo cual preserva a la planta de llegar a valores críticos de estrés. En respuesta a la falta de agua, el sistema radicular produce ácido abscísico que se traslada por el xilema y envía señales a las hojas que regulan el mecanismo de cierre estomático y de esta manera evita la pérdida de agua (Pérez *et al.*, 2016). Por otra parte, Yin *et al.* (2005) señala que, además del cierre estomático, como mecanismo de defensa contra el déficit hídrico, los cítricos incrementan la relación “raíz/parte aérea”, reducen el número de hojas y el área foliar.

#### **2.14. Mecanismos de tolerancia frente al estrés hídrico**

La resistencia a la sequía de un cultivo hace referencia a su capacidad para crecer satisfactoriamente en zonas con déficit hídrico. Las modificaciones que tienen lugar en la estructura y función de las plantas para aumentar la probabilidad de sobrevivir y reproducirse en un ambiente determinado se llama adaptación (Montoliu, 2010). Se distinguen tres mecanismos de adaptación de las plantas a la sequía:

- ✓ Mecanismos de escape de la sequía: capacidad de las plantas para completar su ciclo de vida antes de que el déficit hídrico sea más severo.
- ✓ Mecanismos de aplazamiento o evitación de la deshidratación: capacidad de las plantas para mantener un potencial hídrico relativamente alto en condiciones de estrés hídrico, atmosférico o del suelo, mediante el cierre estomático y el ajuste osmótico.
- ✓ Mecanismos de tolerancia a la deshidratación: (i) capacidad de las plantas para reducir la actividad química del agua, (ii) concentrar solutos y macromoléculas y (iii) producir modificaciones en las membranas celulares (Montoliu, 2010).

#### **2.15. Efectos del estrés sobre el desarrollo vegetativo en cítricos**

Los meristemas hacen posible el crecimiento primario por medio de la división celular o adición de nuevas células y están estrechamente relacionados con las hormonas que son promotoras de esta división. El crecimiento secundario de órganos vegetativos tiene su origen en el cambium vascular, donde se diferencian en células del floema y xilema. La expansión celular se debe al potencial de turgencia, suministro de sales minerales, agua y materia elaborada, debido a esto, el crecimiento es uno de los procesos más afectados por el déficit hídrico (Taiz & Zeiger, 2012).

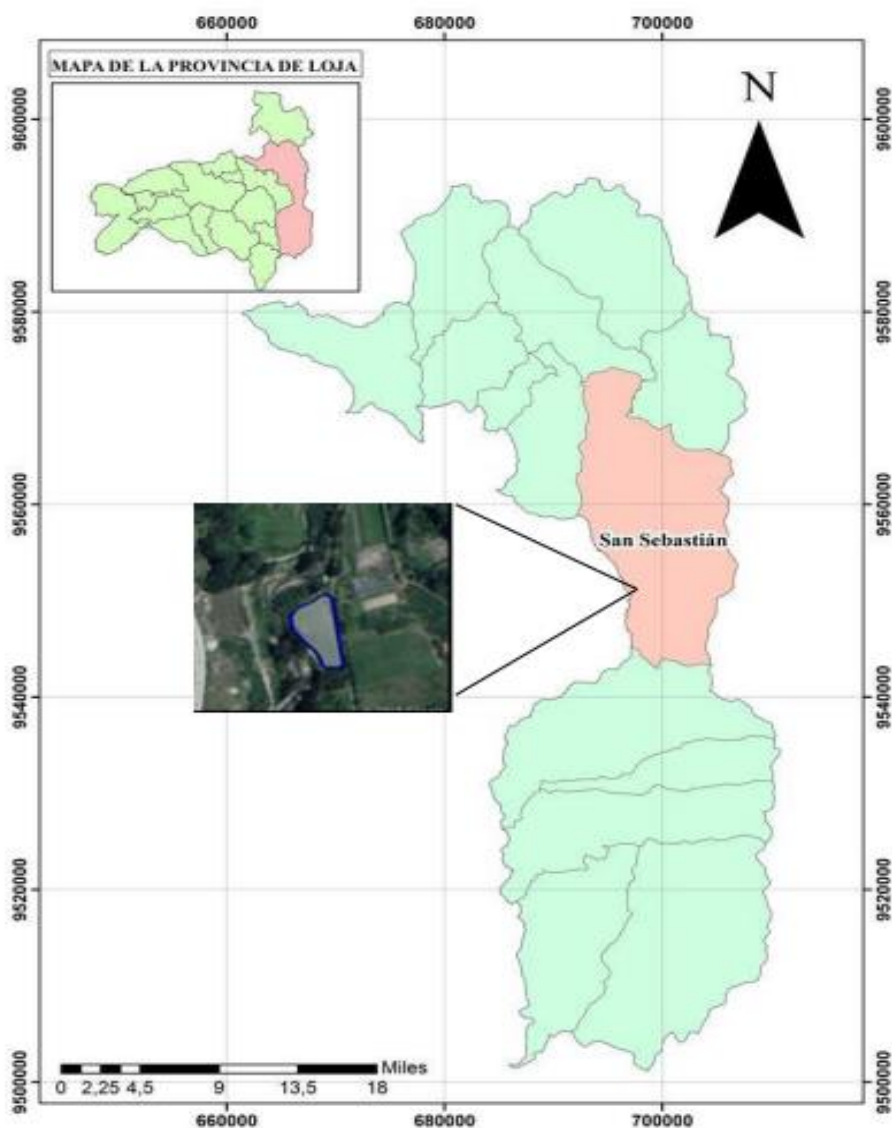
La disminución de la superficie foliar como consecuencia de un menor crecimiento es un mecanismo de defensa adoptado por la planta para reducir la pérdida de agua por transpiración (Rodríguez *et al.*, 2010). Según Alvarado *et al.* (2012), los cítricos regados por debajo de sus requerimientos hídricos no alcanzan el tamaño de las plantas que sí reciben un suministro adecuado.



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del estudio

El ensayo fue establecido en el invernadero de la Quinta Experimental Docente “La Argelia” de la Universidad Nacional de Loja, ubicado en la parroquia San Sebastián del cantón y provincia de Loja (Figura. 1). Se ubica geográficamente a una latitud de 04°07'20.25" Sur y longitud de 79°12'01.14" Oeste, con una altitud media de 2 100 m s n m. La zona posee una temperatura media de 16 °C y una precipitación anual de 906.9 mm. La humedad relativa media varía entre el 72 % y 80 % (PDOT, 2020).



**Figura 1.** Ubicación del estudio en el cantón Loja, ciudad de Loja, sector “La Argelia”. Obtenido de Calva (2019)

### 3.2. Diseño experimental

El experimento fue establecido bajo un diseño experimental en parcelas divididas (DPD) con arreglo bifactorial en la subparcela, donde los factores fueron: el riego, el patrón y la variedad, dando como resultado ocho tratamientos (Tabla 1) con seis repeticiones, donde la unidad experimental estuvo constituida por una planta de naranja.

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos establecidos en el ensayo

Tratamiento	Descripción	Parcela Principal	Sub-parcela	
		Riego (%)	Variedad	Patrón
<b>T1</b>	LM-WN-CR	100	Washington navel	Limón mandarina
<b>T2</b>	LM-SN-CR	100	Sanguina	Limón mandarina
<b>T3</b>	NA-WN-CR	100	Washington navel	Naranja agria
<b>T4</b>	NA-SN-CR	100	Sanguina	Naranja agria
<b>T5</b>	NA-SN-SR	60	Sanguina	Naranja agria
<b>T6</b>	NA-WN-SR	60	Washington navel	Naranja agria
<b>T7</b>	LM-SN-SR	60	Sanguina	Limón mandarina
<b>T8</b>	LM-WN-SR	60	Washington navel	Limón mandarina

El esquema del diseño experimental dispuesto en campo se muestra en la Figura 2; el delineamiento del ensayo se describe en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Delineamiento del ensayo experimental

Diseño	Cantidad
Número de tratamientos	8
Número de repeticiones	6
Unidad experimental	Una planta de naranja
Número de unidades experimentales	48
Factores	3 (riego, patrón y variedad)



**Figura 2.** Distribución de las plantas de naranja en campo bajo un diseño en parcelas divididas (PD) con arreglo bifactorial en la subparcela

El modelo matemático utilizado en el análisis estadístico se detalla a continuación:

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \eta_k + \delta_{ij} + \varphi_{ik} + \lambda_{jk} + \theta_{ijk} + b_l + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = representa la respuesta observada

$\mu$  = representa la media general de la respuesta

$\tau_i$  = representa el efecto del i-ésimo nivel del factor

$\gamma_j$  = representa el efecto del j-ésimo nivel del factor B asociado a las subparcelas

$\eta_k$  = representa el efecto del j-ésimo nivel del factor C, ambos asociados a las subparcelas.

$\delta_{ij}, \varphi_{ik}, \lambda_{jk}, \theta_{ijk}$  = interacciones de segundo y tercer orden correspondientes de los factores

A, B y C

$b_l, \epsilon_{ijkl}$  = representan los efectos aleatorios de las parcelas y de los errores experimentales respectivamente.

### 3.3. Manejo del experimento

Para la implementación del ensayo en la zona, primero se preparó un sustrato a base de tierra agrícola, abono orgánico y cascarilla de arroz en proporción 3:2:1, luego se realizó una poda de raíces a los patrones, mismos que fueron sumergidos en agua con ácidos húmicos como se muestra en la Figura 3; posterior a ello fueron enfundados en bolsas de polietileno de 3 kg previamente identificadas.

El material vegetal utilizado para realizar el injerto fue recolectado de ramas terminales con brotes activos de árboles vigorosos de naranja Washington navel y Sanguina con buenas características de producción, calidad y libres de plagas y enfermedades en la parroquia Vilcabamba.

El tipo de injerto utilizado para la propagación fue el de yema en T invertida con el fin de asegurar el prendimiento (Figura 4).

Todas las plantas recibieron el mismo manejo agronómico, prácticas culturales y manejo de plagas y enfermedades acorde a las necesidades del cultivo, con el fin de controlar posibles fuentes de variación.



**Figura 3.** Inmersión de raíces de cítricos en ácidos húmicos



**Figura 4.** Propagación de naranja utilizando el injerto de yema en T invertida

### **3.4. Metodología para el primer objetivo**

**Describir el desarrollo vegetativo del injerto de dos variedades de naranja sobre dos portainjertos naturalizados en condiciones normales de humedad del sustrato.**

Para dar cumplimiento a este objetivo y mantener los patrones en condiciones normales de humedad, se siguió la metodología descrita por Tommasino (2018), la cual consistió en secar un peso conocido de sustrato durante 24 horas a 105 °C, luego saturarlo completamente y dejarlo drenar libremente hasta peso constante para definir el 100 % de la capacidad de campo.

El control de riego se realizó sobre el ensayo en campo, con ayuda de un tensiómetro manual calibrado, cuyos valores sirvieron de referencia para mantener los niveles de humedad adecuados (100 % de la capacidad de campo para condiciones normales de humedad).

Durante 2 meses y medio, en las 48 unidades experimentales, cada 7 días, se evaluaron las siguientes variables morfológicas:

#### ***Altura de la planta***

Se midió con una cinta métrica desde el cuello o base de la planta hasta el ápice, los datos fueron expresados en centímetros (cm).

#### ***Diámetro del portainjerto***

Se midió con un calibrador a una altura de 5 cm sobre el suelo, los datos fueron expresados en centímetros (cm).

#### ***Número de hojas***

Se realizó por observación directa y conteo simple, se consideró como hoja, aquella que tuviera la lámina foliar extendida en al menos el 80 %

### ***Longitud del brote***

Se seleccionó un brote por planta y se midió su crecimiento con una cinta métrica desde la base hasta el ápice del injerto, los datos fueron expresados en centímetros (cm).

### ***Diámetro del brote***

Se midió con un calibrador manual en la base del injerto, los datos fueron expresados en centímetros (cm).

### ***Área foliar***

Al final de la evaluación se seleccionaron 17 hojas de naranja al azar para obtener una función mediante regresión que permitiera estimar el área foliar, para lo cual se midió el largo y ancho de cada hoja con una cinta métrica (cm), luego a las mismas hojas se las fotografió y mediante el software Photoshop se determinó su área foliar. Por medio de regresión, se obtuvo una ecuación para estimar el área foliar a partir del ancho de la hoja. Posteriormente se seleccionaron todas las hojas completamente expandidas y se midió el ancho, luego por medio de la ecuación se estimó su área.

### ***Diámetro de copa***

Se tomaron medidas con una cinta métrica en sentido norte-sur/este-oeste, proyectando la copa hacia el suelo, luego se promedió y los resultados fueron expresados en centímetros (cm)

### ***Volumen de copa***

Se determinó mediante la siguiente fórmula propuesta por Turrel (Milla *et al.*, 2009):

$$\text{Vol} = 0,5236 * H * D^2$$

Donde 0,5236 es una constante, H es la altura de la planta y D es el diámetro de la copa en centímetros.

### ***Tasa de crecimiento absoluta del brote (TCA)***

A los brotes seleccionados para medir su longitud se les determinó la TCA para observar el incremento de longitud del órgano por unidad de tiempo mediante la siguiente fórmula propuesta por (Sosa *et al.*, 2008):

$$TCA = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

Siendo:  $\Delta L$  = longitud final – longitud inicial y  $\Delta t$  = tiempo final – tiempo inicial. El resultado fue expresado en  $\text{cm dia}^{-1}$  y fue medido al final del ensayo.

### ***Tasa de crecimiento relativa del brote (TCR)***

A los brotes seleccionados para medir su longitud se les determinó la TCR que corresponden al incremento de longitud por unidad de tamaño y por unidad de tiempo, para ello se utilizará la fórmula descrita por (Sosa *et al.*, 2008):

$$TCR = \frac{1}{L_i} * \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

Donde:  $L_i$  = longitud inicial,  $\Delta L$  = longitud final – longitud inicial y  $\Delta t$  = tiempo final – tiempo inicial. El resultado se expresó en  $\text{cm dia}^{-1}$  y fue medido al final del ensayo.

## **3.5. Metodología para el segundo objetivo**

### **Describir el desarrollo vegetativo del injerto de dos variedades de naranja sobre dos portainjertos naturalizados en condiciones de estrés hídrico.**

Para dar cumplimiento a este objetivo, se sometieron las plantas a estrés hídrico por déficit, se trabajó con el 60% de la capacidad de campo, para ello se utilizó la metodología establecida por Tommasino (2018).

El control de riego se realizó sobre el ensayo en campo, con ayuda de un tensiómetro manual calibrado, cuyos valores sirvieron de referencia para mantener los niveles de humedad adecuados (60 % de la capacidad de campo para estrés hídrico).

Además, cabe mencionar que se evaluaron las mismas variables que fueron descritas en el primer objetivo con la misma frecuencia.

### **3.6. Análisis estadístico**

Los datos registrados fueron ordenados y tabulados en Microsoft Excel para su posterior análisis con el software Infostat en versión libre 2020.

El efecto de los tratamientos se evaluó mediante un análisis de varianza simple (ANOVA), y análisis de correlación entre todas las variables con el objetivo de determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos. Además, se usó un análisis de regresión simple para determinar la ecuación ajustada para el área foliar. Se trabajó en los análisis estadísticos con un nivel de significancia del 5 %, en los casos donde no se cumplieron los supuestos se realizó transformación de datos y para aquellas variables donde se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, se realizaron pruebas de comparación múltiple de DGC al 95% de confianza.



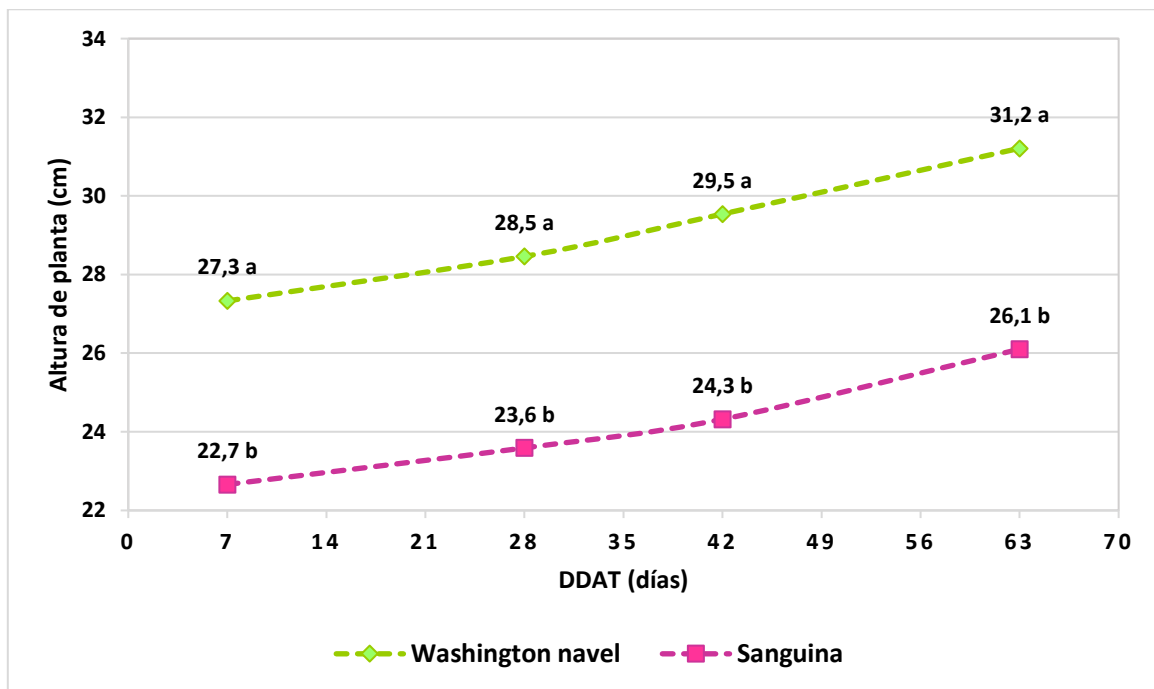
## 4. RESULTADOS

### 4.1. Variables vegetativas

#### 4.1.1. Altura de la planta

No se evidenciaron diferencias estadísticas significativas para las interacciones triples (riego-portainjerto-variedad) ni dobles (riego-portainjerto, riego-variedad, portainjerto-variedad); sin embargo, se obtuvo un efecto independiente de la variedad.

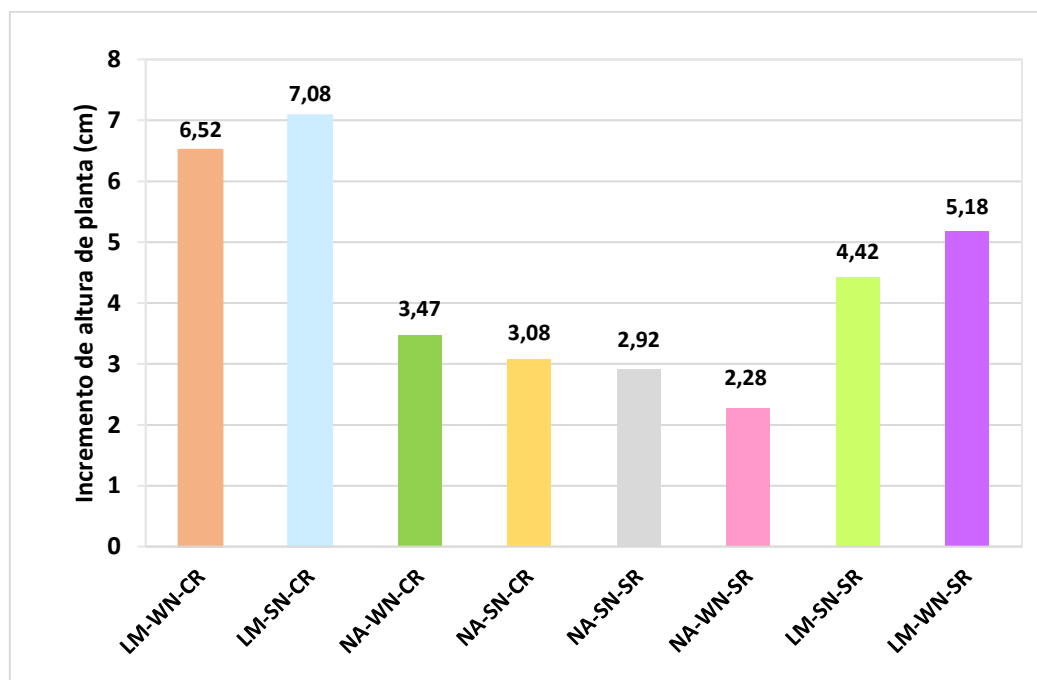
La figura 5 muestra la altura de las plantas desde el día 7 hasta los 63 días de evaluación, donde se observa que las plantas de naranja, variedad Washington navel presentaron diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ), obteniendo una mayor altura con 31,2 cm; mientras que la variedad Sanguina alcanzó 26,1 cm de altura a los 63 días después de la aplicación de los tratamientos (DDAT).



**Figura 5.** Altura de planta en función a la variedad de naranja empleada. DDAT: días después de la aplicación de los tratamientos. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test DGC ( $P < 0,05$ )

#### 4.1.2. Incremento de la altura

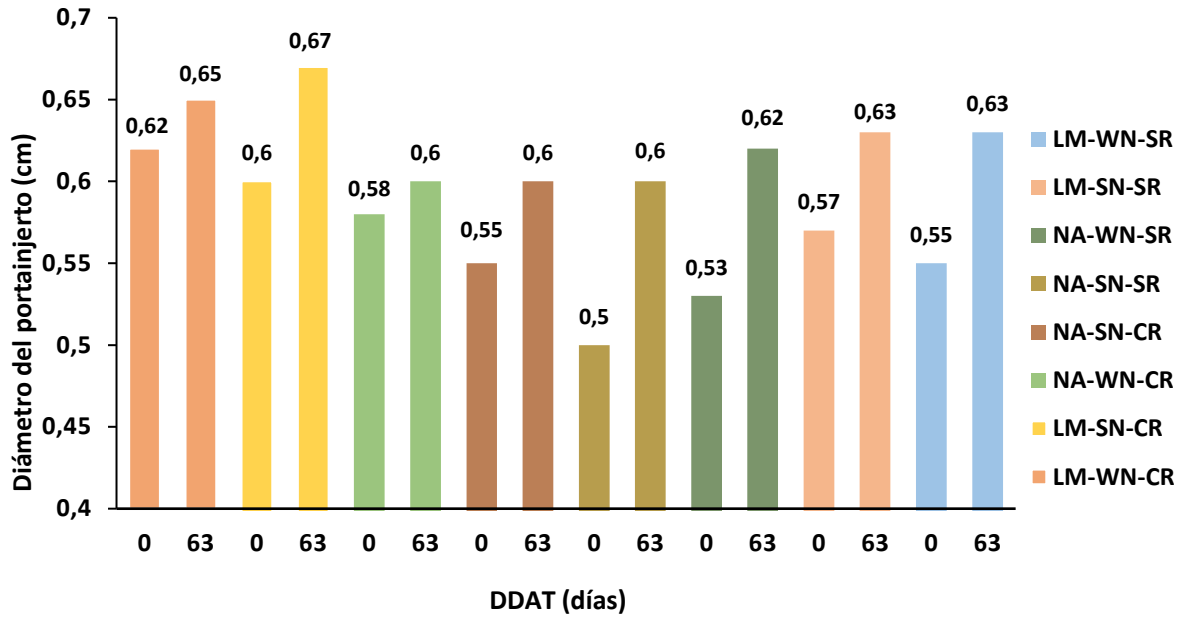
De acuerdo a los datos obtenidos del incremento de altura (Figura 6) no presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) al finalizar el ensayo, sin embargo, los cultivares de naranja injertados sobre Limón mandarina presentaron mayor incremento de altura.



**Figura 6.** Dinámica del incremento de la altura de planta. No existe diferencia estadística significativa ( $p$  valor  $> 0,05$ )

#### 4.1.3. Diámetro del portainjerto

La figura 7 muestra el diámetro del portainjerto evaluado a los 0 y 63 días después de la aplicación de los tratamientos, donde se observa que mantuvieron un diámetro constante; es decir, en ningún momento de medición los tratamientos presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ).

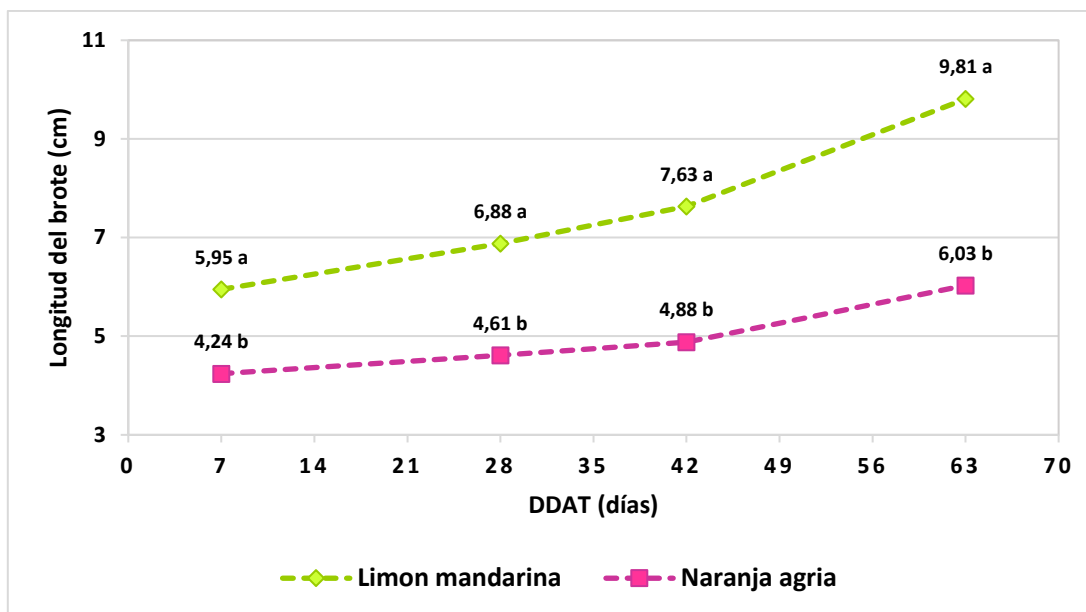


**Figura 7.** Crecimiento del diámetro del portainjerto desde el inicio hasta el final del ensayo. DDAT: días después de la aplicación de los tratamientos.  
*No existe diferencia estadística significativa ( $p$  valor > 0,05)*

#### 4.1.4. Longitud e incremento del brote

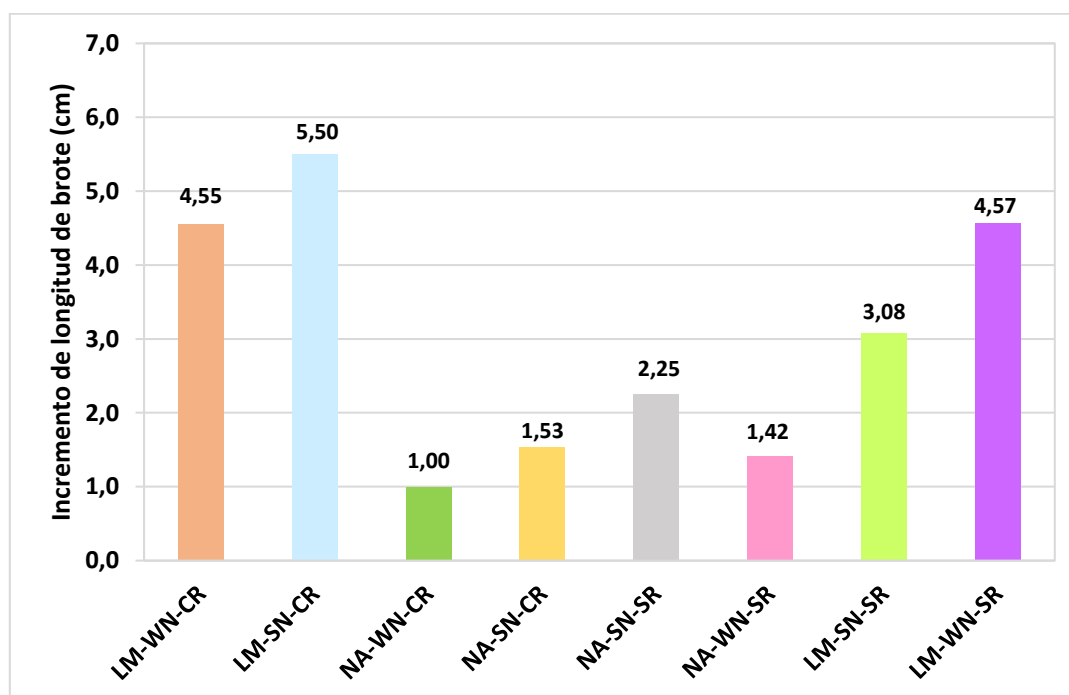
No se evidenció diferencias estadísticas significativas para las interacciones dobles y triples, sin embargo, se evidenció un efecto independiente para el portainjerto.

La figura 8 indica que el tipo de portainjerto empleado influyó sobre la variable longitud del brote desde los primeros siete días de evaluación, las plantas con el portainjerto Limón mandarina presentaron una mayor longitud con respecto a Naranja agria. A los 63 días de evaluación, se volvió a evidenciar una mayor elongación del brote en plantas injertadas bajo Limón mandarina que presentaron un crecimiento de 9,81 cm en comparación a las plantas injertadas sobre Naranja agria las cuales presentaron una longitud del brote de 6,03 cm.



**Figura 8.** Longitud de brote en relación al tipo de portainjerto. DDAT: días después de la aplicación de los tratamientos. *Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test DGC ( $P < 0,05$ )*

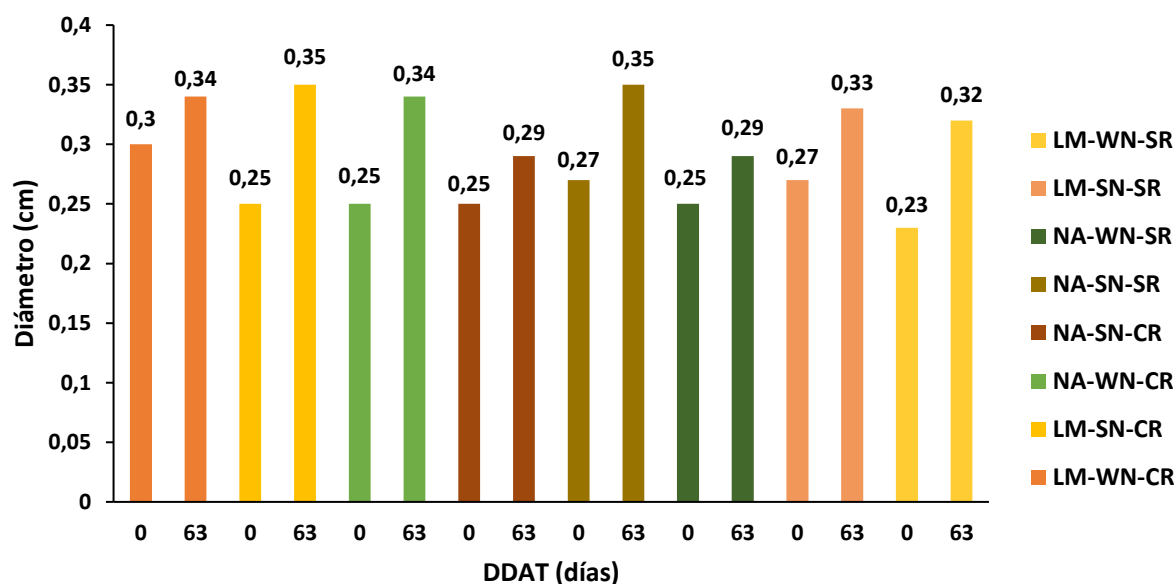
El incremento de la longitud del brote en todos los tratamientos y repeticiones, mantuvo un incremento constante, en ningún tiempo de medición presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos; sin embargo, las plantas injertadas sobre Limón mandarina presentaron los valores más altos para esta variable como se observa en la figura 9.



**Figura 9.** Dinámica del incremento de la longitud del brote. No existe diferencia estadística significativa ( $p$  valor  $> 0,05$ )

#### 4.1.5. Diámetro del brote

La figura 10 muestra el diámetro del brote evaluado a los 0 y 63 días después de la aplicación de los tratamientos donde se evidencia que no existen diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) para esta variable. Por lo tanto, todos los tratamientos son similares.



**Figura 10.** Crecimiento del diámetro del brote desde el inicio hasta el final del ensayo. DDAT: días después de la aplicación de los tratamientos. *No existe diferencia estadística significativa ( $p$  valor  $> 0,05$ )*

#### 4.1.6. Tasas de crecimiento relativa (TCR) y absoluta (TCA) del brote

En la Tabla 3 se observan las medias de la TCR y TCA evaluadas al final del ensayo, donde no se evidencian diferencias estadísticas significativas en los tratamientos ( $p$ -valor  $> 0,05$ ), es decir, los tratamientos presentaron una tasa de crecimiento absoluta y relativa similares durante el tiempo de evaluación.

**Tabla 3.** Tasa de crecimiento relativa y absoluta del brote en función a los distintos tratamientos

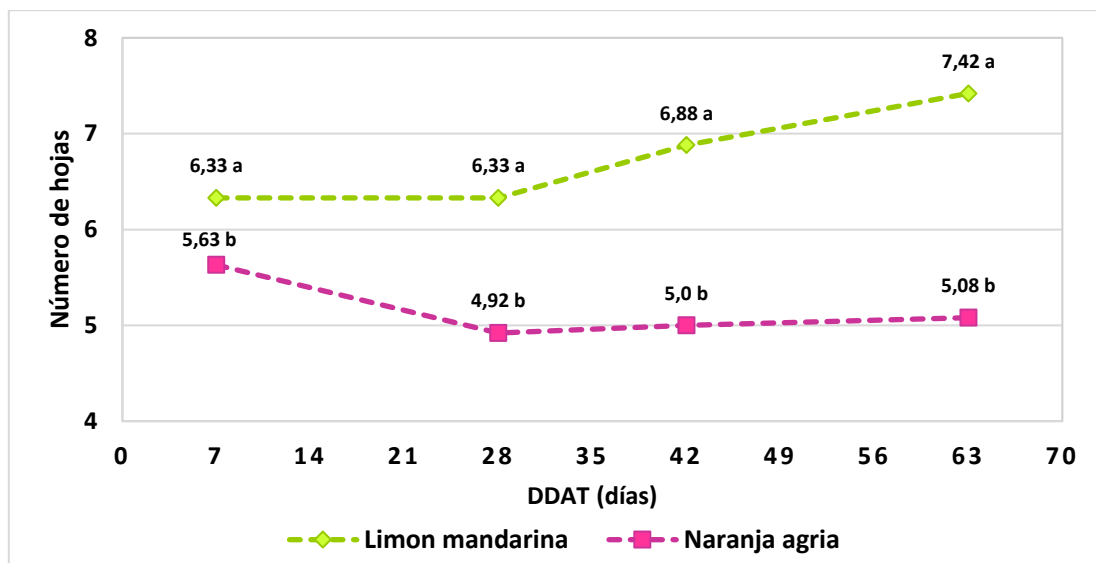
N° Tratamiento	TCR (cm día <sup>-1</sup> )	TCA (cm día <sup>-1</sup> )
T1	0,011 ns	0,072 ns
T2	0,029 ns	0,087 ns
T3	0,003 ns	0,016 ns
T4	0,007 ns	0,024 ns
T5	0,010 ns	0,036 ns
T6	0,013 ns	0,049 ns
T7	0,007 ns	0,022 ns
T8	0,013 ns	0,072 ns

\*ns: No significativo

#### 4.1.7. Número de hojas

No se evidenciaron diferencias estadísticas significativas para las interacciones triples ni dobles, sin embargo, se evidenció un efecto independiente del portainjerto.

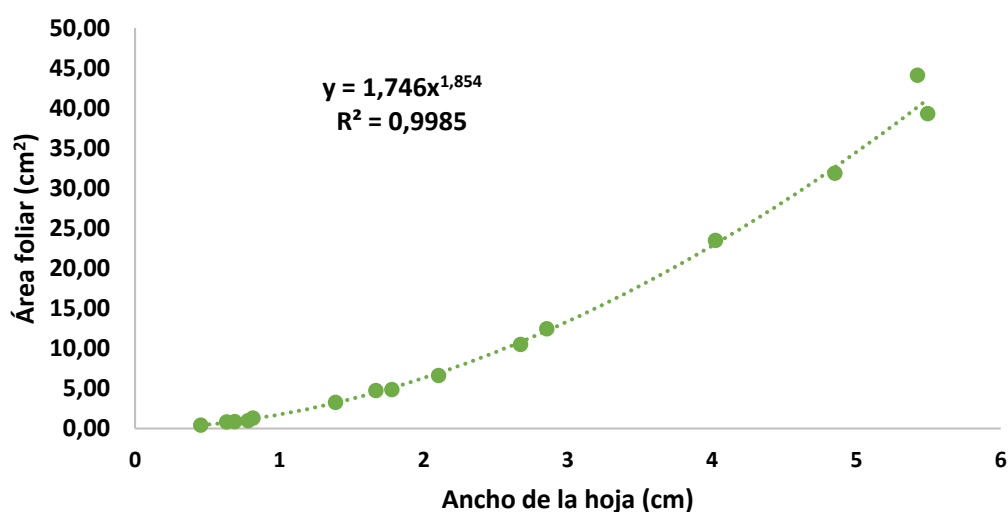
La Figura 11 muestra como la especie de portainjerto empleado tiene una influencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) sobre la variable número de hojas, en donde el portainjerto Limón mandarina obtuvo mayor número de hojas (7,42 hojas) a los 63 DDAT; mientras que el portainjerto de Naranja agria alcanzó una media de 5,08 hojas a los 63 días de evaluación.



**Figura 11.** Número de hojas en función al tipo de portainjerto. DDAT: días después de la aplicación de los tratamientos. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test DGC ( $P < 0,05$ )

#### 4.1.8. Área foliar

Para calcular el área foliar de las plantas, se utilizó una medida alométrica basada en un análisis de regresión lineal con los datos de largo, ancho y área foliar de la hoja; se probaron diferentes modelos de regresión cuyo mejor ajuste fue el modelo potencial para el ancho de la hoja obteniendo un  $R^2$  de 0,9985, es decir, el 99,85 % de la variación total del área foliar se debe al efecto del ancho de la hoja. En la Figura 12 se muestra la ecuación y la curva de regresión que presenta el área foliar de las plantas de naranja.



**Figura 12.** Modelo potencial para el análisis del área foliar en función del ancho de la hoja en plantas de naranja

En la Tabla 4 se muestra como el portainjerto tiene una influencia estadísticamente significativa sobre la variable área foliar, en donde el portainjerto Limón mandarina obtuvo mayor área foliar con un promedio de 321,66 cm<sup>2</sup>; mientras que el portainjerto Naranja agria alcanzó un área foliar de 134,32 cm<sup>2</sup>.

**Tabla 4.** Área foliar en función a la especie de portainjerto

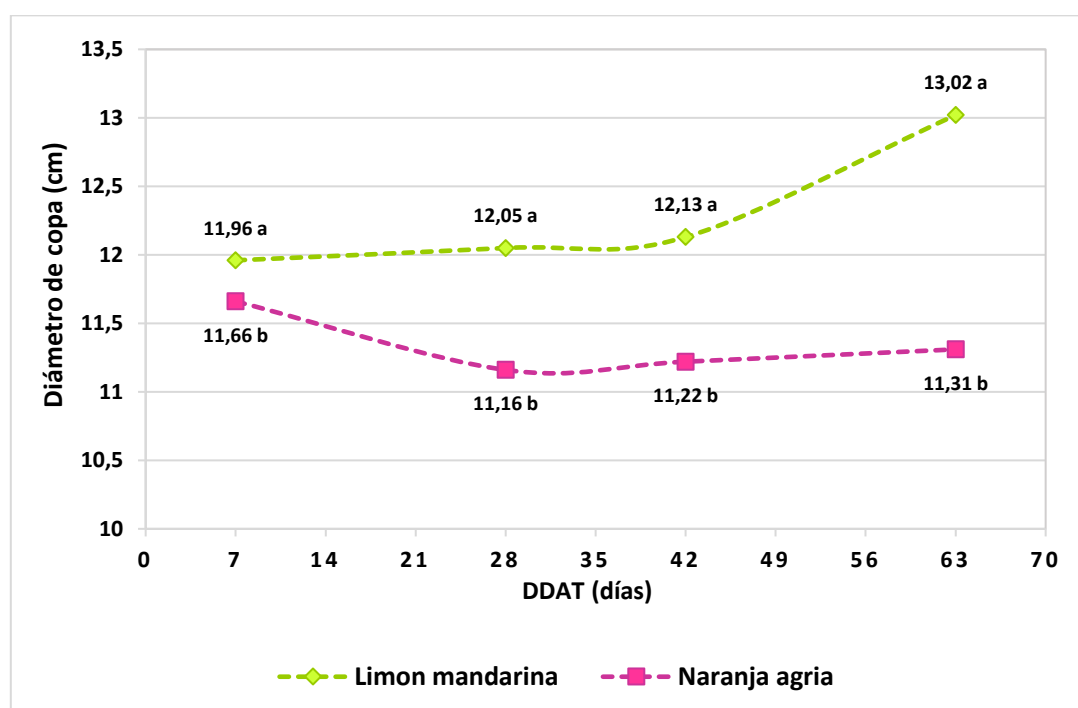
Especie de portainjerto	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	
Limón mandarina	321,66	A
Naranja Agria	134,32	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes según el test DGC ( $p > 0,05$ )*

#### 4.1.9. Diámetro de copa

No se evidenciaron diferencias estadísticas significativas para la interacción triple ni para la interacción doble; sin embargo, se observó un efecto independiente ( $p < 0,05$ ) del portainjerto empleado sobre la variable diámetro de copa.

La Figura 13 indica que a los 28 días de evaluación, las plantas injertadas sobre el patrón Limón mandarina presentaron un diámetro de copa de 12,05 cm, en comparación a las plantas injertadas sobre Naranja agria, que presentaron un diámetro de copa menor de 11,16 cm; así también a los 63 días de evaluación se observó el mismo patrón de crecimiento, en donde las plantas que expresaron la mayor media fueron aquellas injertadas sobre Limón mandarina que presentaron un diámetro de 13,02 cm, en comparación a las plantas injertadas sobre Naranja agria que presentaron un diámetro de copa menor de 11,31 cm.



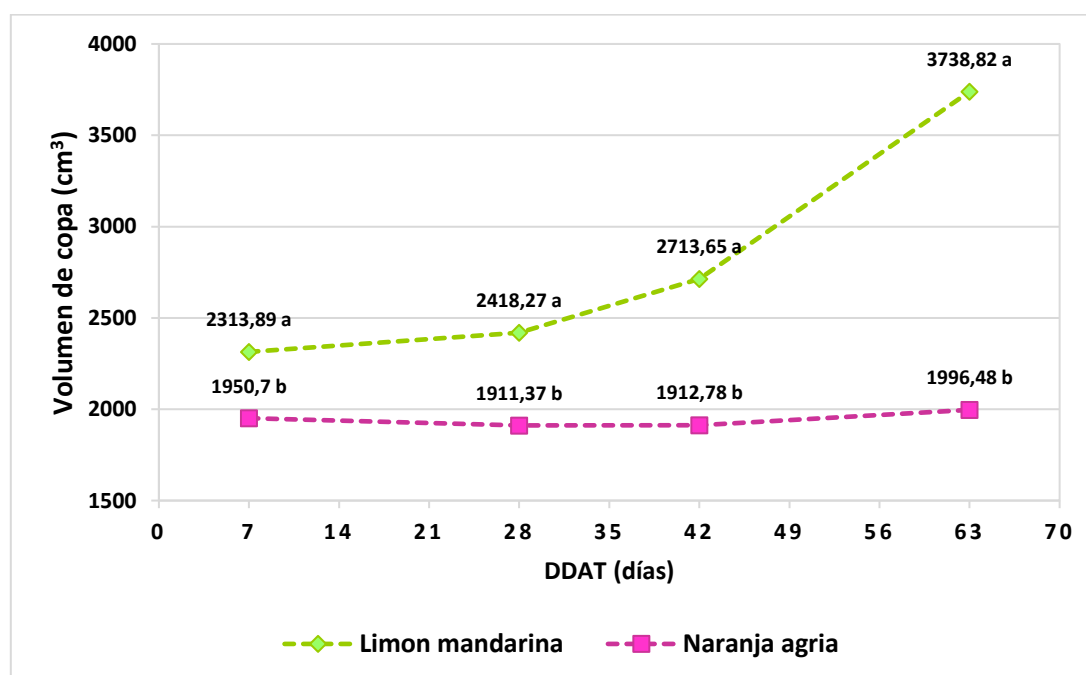
**Figura 13.** Diámetro de copa en función al portainjerto empleado. DDAT: días después de la aplicación de los tratamientos. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test DGC ( $P < 0,05$ )



#### 4.1.10. Volumen de copa

No se evidenciaron diferencias estadísticas significativas para las interacciones triples ni dobles, sin embargo, se evidenció un efecto independiente del portainjerto.

La Figura 14 muestra como el tipo de portainjerto empleado influyó significativamente ( $p < 0,05$ ) sobre la variable volumen de copa desde los 7 días de evaluación, las plantas con el portainjerto Limón mandarina presentaron un volumen de  $2313,89 \text{ cm}^3$  en comparación a las plantas manejadas con el portainjerto Naranja agria el cual presentó  $1950,7 \text{ cm}^3$ ; y a los 63 días de evaluación, se volvió a evidenciar la misma tendencia en plantas injertadas bajo Limón mandarina que presentaron un mayor volumen de copa de  $3738,82 \text{ cm}^3$  en comparación a las plantas injertadas sobre Naranja agria las cuales presentaron un volumen de  $1996,48 \text{ cm}^3$



**Figura 14.** Volumen de copa en función al portainjerto empleado. DDAT: días después de la aplicación de los tratamientos. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test DGC ( $P < 0,05$ )

## 4.2. Correlaciones

La Tabla 5 muestra las correlaciones existentes entre las variables: altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas, longitud del brote, diámetro e incremento del brote, TCA y TCR del brote, diámetro de copa y volumen de copa.

**Tabla 5.** Correlaciones entre variables

<b>Variable (1)</b>	<b>Variable (2)</b>	<b>Pearson</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
<b>Altura</b>	Longitud de brote	0,92	<0,0001	***
<b>Número de hojas</b>	Longitud de brote	0,77	0,0026	**
	Volumen de copa	0,75	0,0015	**
<b>Longitud del brote</b>	TCA del brote	0,84	0,0004	**
	Diámetro de copa	0,79	0,0023	**
	Volumen de copa	0,85	0,0003	**
<b>Diámetro de copa</b>	Volumen de copa	0,91	<0,0001	***

*Los valores son medias de seis repeticiones; \* efecto significativo  $p < 0,05$ ; \*\* efecto muy significativo  $p < 0,01$ ; \*\*\* efecto altamente significativo  $p < 0,001$ .*

Los análisis de correlaciones se realizaron con el coeficiente de Pearson  $> 0,6$  y un nivel de significancia ( $p < 0,05$ ). Las variables que presentaron una fuerte correlación positiva son: la altura de la planta con la longitud de brote ( $r = 0,92$ ;  $p < 0,0001$ ) y diámetro de copa con volumen de copa ( $r = 0,91$ ;  $p < 0,0001$ ).

## 5. DISCUSIÓN

En el presente estudio, el factor riego no tuvo influencia en el desarrollo vegetativo de naranja en ninguna de las variables debido a que no se observaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre sus medias; además se cree que uno de los factores que haya influenciado es el poco tiempo de evaluación (63 días) así como también el lento crecimiento de los brotes ya que como es de conocimiento las plantas recién injertadas entran a una etapa o proceso de adaptación, razón por la cual no se pudo evidenciar (a corto plazo) el efecto de este factor sobre el crecimiento vegetativo de los cultivares injertados. Así lo afirma Davies (2016), pues menciona que al poco tiempo de ser injertada aparecen alteraciones en la unión y un crecimiento débil tanto del cultivar como del patrón después del injerto, pero luego se ve compensado por períodos de crecimiento muy buenos como crecimiento longitudinal y aumento en el espesor de tallos, ramas y brotes (lo que tiene lugar entre los tres y cinco meses posteriores) donde se habrá logrado la unión estable deseada.

Por otra parte, los diferentes portainjertos de cítricos utilizados en el ensayo afectaron algunas de las variables vegetativas de los cultivares injertados. Por ejemplo, se observó diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) respecto al efecto del patrón sobre las variables: longitud de brote, número de hojas, área foliar, diámetro y volumen de copa.

En cuanto a la variable altura, la variedad Washington navel obtuvo una diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) ya que alcanzó la mayor altura con 31,2 cm, mientras que Naranja agrio presentó una altura promedio de 26,1 cm. Esto coincide con el estudio realizado por Medrano (2014), donde se observa que naranja variedad Washington navel mostró mayor altura (26,5 cm) frente a Valencia tardía (17 cm) por lo que este autor menciona que probablemente esto se deba a una variación propia que se presenta entre especies de cultivares o a su vez el efecto del patrón sobre la variedad injertada. En cuanto al grupo sanguina, no existen investigaciones previas que permita contrastar con los resultados obtenidos en este ensayo.

La longitud del brote presentó una diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) para el portainjerto en donde el cultivar injertado sobre el patrón Limón mandarina alcanzó la mayor longitud (9,81 cm) en comparación a Naranja agrio que presentó una longitud de brote de 6,03 cm a los 63 días después de la aplicación de los tratamientos; así también lo indica Rojas

(2018) donde a los 90 días el limón Volkameriano con 18,85 cm supera en longitud de brote al limón Rugoso (15,86 cm) y a naranjo agrio con 10,43 cm. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Gutiérrez & Alcoser (2013) en donde se observó que el crecimiento del brote del limón sin semilla, fue mayor en el portainjerto Volkameriano. Según Bonfiglioli & Marro (1999) esta diferencia representa el caso más común, de una posible influencia patrón-variedad, donde un portainjerto puede ocasionar una menor o mayor longitud no solo del brote sino también influir en el crecimiento de la planta. Por otro lado, Rojas (2018) menciona que estos resultados también indican que existen grupos de portainjertos que inducen árboles de porte medio y pequeños, que son favorables para cultivar en cualquier topografía, debido a su fácil manejo en términos de poda, control fitosanitario y recolección del fruto en períodos de cosecha.

Por ello se puede deducir que la elección de un patrón para uso convencional constituye una importante decisión, que debe estar basada en las características y cualidades que este presenta, tanto en la fase juvenil como en condiciones de campo, dado que el comportamiento de los patrones es variable en relación con su adaptabilidad a las condiciones climáticas, suelos, tolerancia a enfermedades y plagas, teniendo además una marcada influencia sobre el comportamiento del injerto y por ende en el vigor, precocidad, nivel de producción y la calidad interna y externa de los frutos de las variedades injertadas. Además, desde el punto de vista comercial según González, *et al.* (2020), algunos patrones le confieren a la variedad injertada un menor tamaño del árbol y a su vez forman copas pequeñas, con alta eficiencia productiva pudiendo realizar plantaciones más densas aumentando así la producción.

En el estudio realizado por González, *et al.* (2020), se encontró diferencia estadística significativa para el diámetro del tallo en cultivares que fueron injertados sobre Naranjo agrio ya que estos manifestaron los menores valores ( $p < 0.05$ ), siendo la combinación Naranjo agrio-Jaffa la que mostró menor diámetro del tallo (10,45 mm). Esto concuerda con los resultados obtenidos en este estudio que, aunque no se encontró diferencia estadística significativa para esta variable ( $p > 0,05$ ) se observó que el patrón Limón mandarina obtuvo mayor diámetro con 0,67 cm mientras que naranja agria desarrolló el menor diámetro con 0,6 cm, coincidiendo con lo informado por (Anderson , 2012).

No se observaron diferencias significativas en cuanto al diámetro del brote, sin embargo, al igual que el diámetro del portainjerto, se observó que aquellos cultivares injertados sobre Limón mandarina presentaron mayor diámetro (0,35 cm) en comparación a aquellos injertados sobre el patrón Naranja agria que alcanzaron un diámetro promedio de 0,32 cm. Igualmente en el estudio realizado por Larico (2015) se encontró que Limón rugoso y Sunchusha; fueron los portainjertos que indujeron un mayor diámetro en los brotes de los injertos a los 98 días de evaluación con valores promedio de 6,25 y 6,03 mm de diámetro respectivamente; mientras que el patrón Naranja agrio fue el que presentó el diámetro promedio más bajo (4.95 mm).

Estos resultados difieren con los obtenidos por Pérez, *et al.* (2012) donde mencionan que Naranja agrio tuvo mayor diámetro del injerto en comparación a los portainjertos Cleopatra, Rangpur y Rubidoux. Según Andrade (2008) esta respuesta en el diámetro de tallo se debe a la absorción de nutrientes, trasladados desde el suelo hasta las plantas, lo cual promueve una maduración fisiológica más rápida de los frutales, por tal razón el diámetro del tallo es uno de los criterios de selección más aceptados en los viveros comerciales para trasplantar los frutales a sitios permanentes. Además, Milla, *et al.* (2009) indica que el diámetro que presentan los portainjertos y los injertos se ven influenciados tanto por las condiciones climáticas en las que se ha desarrollado como por la interacción entre el injerto y el portainjerto empleado.

Según Hunt (1991) la tasa de crecimiento relativo (TCR) representa la capacidad de la planta para producir material nuevo y depende de la fotosíntesis y la respiración. Por otro lado, Di Benedetto & Tognetti (2016) definen a la TCR como el incremento de material vegetal por unidad de tiempo y a la TCA como el incremento de peso seco de material vegetal (W) por unidad de tiempo. En este estudio, la TCA del brote, así como la TCR no presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ); sin embargo, los brotes de plantas que fueron injertadas sobre el portainjerto Limón mandarino, presentaron mayor TCA a los 63 días de evaluación ( $0,087 \text{ cm dia}^{-1}$ ) y  $0,029 \text{ cm dia}^{-1}$  para TCR, mientras que el patrón Naranja agria presentó una TCA de  $0,049 \text{ cm dia}^{-1}$  y una TCR de  $0,010 \text{ cm dia}^{-1}$  a los 63 DDAT. No existe información reportada que permita contrastar los resultados obtenidos.

Referente al número de hojas, esta variable fue influenciada por el tipo de portainjerto empleado, ya que se encontró diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) para la especie de portainjerto utilizado, en donde Limón mandarino alcanzó el mayor número de hojas con un promedio de 7,42; mientras que los cultivares injertados sobre el patrón Naranja agria presentaron una media de 5,05 hojas a los 63 días de evaluación. Un estudio similar realizado por Medrano (2014) indica que los mejores resultados en cantidad de hojas registradas en el brote principal del injerto, se obtuvieron con el portainjerto mandarina Cleopatra y limón Volkameriano alcanzando un máximo de hojas (36 hojas), con un rango medio estuvo Carrizo y Rugoso con (25 hojas), y con número inferior en hojas encontró a naranjo agrio (16 hojas) lo que indica que las variedades que tuvieron mejor respuesta fisiológica fueron las variedades Cleopatra y Volkameriano sobre los cultivares Washington navel y Valencia tardía; este autor menciona que estos resultados pueden deberse a la variación propia que se presenta entre especies y cultivares de plantas. Por tal razón Morín (2011), menciona que es importante conocer el comportamiento de cada combinación en la fase de producción de plantas ya que sus interacciones afectan el desarrollo del injerto, acelerándolo o retardándolo, al presentar diferencias en la compatibilidad según las variedades injertadas.

Limón mandarina presentó los valores más altos en la variable área foliar ( $321,66 \text{ cm}^2$ ) mientras que Naranja agria obtuvo un área foliar de  $134,32 \text{ cm}^2$  lo que concuerda con investigaciones realizadas por Fochesato *et al.* (2007), sobre crecimiento vegetativo de limón mandarino, comparado con *Poncirus Trifoliata* y *Citrus sinensis*; Limón mandarino obtuvo valores superiores, esto se explica a las características genotípicas del portainjerto. Resultados iguales fueron registrados por Landin & Granja (2020), en donde el portainjerto Limón mandarino obtuvo mayor área foliar que Naranja agria y mandarino Cleopatra sometidos a estrés salino e hídrico. Según González, *et al.* (2020), mayor relación parte aérea/raíz implica más área foliar y, por lo tanto; mayor superficie transpiratoria, lo que resulta en mayor absorción y transporte de agua y nutrimentos. La incorporación de nuevos patrones tiene un valor incalculable tanto para el buen desarrollo del injerto como para su comportamiento frente a diferentes patógenos, confiriéndole calidad a los frutos y acelerando su producción.

La variable diámetro de copa fue influenciado por la especie de portainjerto empleado, pues Limón mandarina alcanzó los mayores respecto a Naranja agria a los 63 DDAT; sin embargo, a los 28 y 42 DDAT se observó una reducción del diámetro de copa de los cultivares injertados sobre naranjo agrio que puede estar asociado a altas temperaturas que se presentó en ciertos períodos de evaluación pues Chaves & Gutiérrez (2016) mencionan que el exceso de radiación y las altas temperaturas son factores que afectan el crecimiento de los cítricos especialmente en su etapa inicial de crecimiento causando quemaduras en hojas y la abscisión temprana de las mismas, así como también la inhibición del crecimiento del tallo; y en etapas de producción pueden llegar a causar el aborto de flores y frutos jóvenes que afectan negativamente el rendimiento de los cultivos.

Referente al volumen de copa al igual que las variables mencionadas con anterioridad, fueron influenciadas por la especie de portainjerto empleado, presentando Limón mandarina los mayores valores para esta variable respecto de Naranja agria a los 63 días de evaluación. Según lo reportado por González & Tullo (2019) los portainjertos influyen considerablemente en el volumen de la copa de los cultivares injertados. Por ejemplo, variedades injertadas sobre limón rugoso y el Limón volkameriano tienden a adquirir un volumen de copa mayor que sobre *Poncirus trifoliata* y Naranjo agrio. Según Micheloud (2012) el naranjo agrio tiende a presentar valores inferiores especialmente en variables como número de hojas, diámetro y volumen de copa los primeros días post injerto, esto debido a que junto con el cultivar injertado pasa por un proceso de adaptación en el proceso de simbiosis (portainjerto-cultivar).

## 6. CONCLUSIONES

El riego, la variedad y el patrón empleado son factores que influyen de manera independiente en las variables morfológicas, puesto que no se encontraron interacciones.

El factor riego no tuvo un efecto significativo sobre los factores variedad y tipo de portainjerto empleado, debido a que ninguna de las variables evaluadas presentó diferencias estadísticas significativas para este factor; por lo que se concluye que el riego no tuvo una influencia en el desarrollo inicial vegetativo de las variedades de naranja injertadas.

La variable altura de planta estuvo influenciada por la variedad injertada, en donde se observó que naranja Washington navel alcanzó mayor altura que la naranja Sanguina y esto se debe a una variación o característica propia que se presentan entre variedades.

Finalmente, existe una influencia directa del patrón empleado, ya que limón mandarino demostró un mayor vigor como portainjerto, ya que indujo los mejores valores para las variables longitud de brote, número de hojas, área foliar, diámetro y volumen de copa de los cultivares de naranja injertados respecto a naranjo agrio, por lo que puede ser favorable para futuras investigaciones en campo.



## **7. RECOMENDACIONES**

Continuar con el estudio durante esta etapa vegetativa, para ello se propone prolongar el tiempo de evaluación de las variables, con el fin de obtener mejor respuesta a los resultados.

Llevar la investigación a campo abierto y continuar hasta llegar a la etapa productiva con la finalidad de conocer cómo influye el portainjerto utilizado y el cultivar injertado sobre las variables de rendimiento.

Evaluar características de producción y calidad de fruta de las combinaciones patrón-injerto estudiados en este ensayo y determinar la influencia de los patrones sobre la vigorosidad del árbol y la calidad de fruta.

Se recomienda realizar trabajos de investigación probando diferentes patrones y cultivares con el objetivo de generar información de patrones y especies con mayor adaptabilidad a las condiciones del lugar y que presenten mejores rendimientos.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aduana del Ecuador. (2019). *Importaciones no petroleras transmitidas en diciembre 2019. Ecuador*. Obtenido de <https://www.aduana.gob.ec/importaciones/>
- Agustí, M. (2015). *Citricultura. Naranjas: una alternativa de exportación*. Chile: Ediciones Mundi-Presa.
- Alvarado, O., Álvarez, J., & Vélez, J. (2012). El estrés hídrico en cítricos (Citrus spp.). *realyc.org*, 2-9 pp.
- Amórtegui, I., & Capera, E. (Mayo de 2010). *El cultivo de los cítricos*. Obtenido de Biblioteca digital Agronet: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4055/2/El%20cultivo%20de%20los%20citricos%20Limon.pdf>
- Anderson, C. (2012). Variedades y portainjertos de frutales de uso público. *INTA (instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria)*, 48. Obtenido de Insitu: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_variedades\\_y\\_portainjertos\\_de\\_frutales\\_de\\_uso\\_pu.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_variedades_y_portainjertos_de_frutales_de_uso_pu.pdf)
- Anderson, M. (2015). *Clasificación botánico de los cítricos cultivados*. Argentina.
- Andrade, L. (2008). Materiales Orgánicos para la producción de portainjertos de cítricos en viveros. *Tesis de maestría en Edafología. Colegio de Postgraduados del Estado de México*, 173.
- ANR. (Febrero de 2018). El riego de los cítricos con agua limitada. *Universidad de California-UC PEER REVIEWED*, 7.
- Ballester, C., Castel, J., & Intrigliolo, D. (2018). Respuesta de los cítricos de Clementina de Nules al riego deficitario de verano. Componentes del rendimiento y composición de la fruta. *Agricultural Water Management*, 91.
- Beñatena, H., & Anderson C. (2015). *Clasificación botánica de los cítricos cultivados*. Obtenido de Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA): [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_manual\\_citricultura\\_cap1.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manual_citricultura_cap1.pdf)

- Bonfiglioli, O., & Marro, M. (1999). El injerto en los árboles frutales y la vid. *Biblioteca práctica del hosticultor*, 116.
- Calva, J. (2019). *Evaluación y calibración del modelo de simulación de cultivo DSSAT CERES - MAIZE bajo condiciones andinas*. Loja.
- Camacho, B., Ríos, C., & Torres, M. (2016). Desarrollo y rendimiento de las mandarina "Oneco" y "Oneco Nucelar" sobre varios patrones. *Agricultura Tropical*, 487-501 pp.
- Carbonell, J. (2018). *La actividad citrícola argentina*. Obtenido de Federación Argentina del Citrus. Buenos Aires, Argentina: <http://repiica.iica.int/docs/B0148e/B0148e.pdf>
- Chabbal, M., Giménez, L., Mazza, S., Garavello, M., Luaces, P., & Rodríguez, V. (2015). *Caracterización de naranjo 'Valencia late' sobre diferentes portainjertos en "Entre Ríos", Argentina*. Buenos Aires, Argentina.
- Chaves, N., & Gutiérrez, M. (2016). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agronomía Mesoamericana. Universidad de Costa Rica*, 255-271.
- Cordero, A. (Agosto de 2020). *Nuevos materiales utilizados para la obtención de ecocatalizadores a partir de bio-residuos*. Obtenido de Universidad Nacional de la Plata. Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas (CINDECA): <https://core.ac.uk/download/pdf/328877293.pdf>
- Davies, F. (2016). El injerto en árboles frutales. *Universidad Nacional "La Molina". Departamento de Fitotecnia*, 25.
- Davis, F., & Anderson, L. (Marzo de 2018). *Capítulo Portainjertos*. Obtenido de INTA: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_manual\\_citricultura\\_cap6.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manual_citricultura_cap6.pdf)
- Di Benedetto, A., & Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 25.
- Escobar, T. (2012). Patrones o portainjertos para cítricos. *Cenicafé*, 23-30 pp.
- FAOSTAT. (2019). *Producción mundial de cítricos año 2010*. Obtenido de <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

- Fochesato, M., Dutra de Souza, P., Shafer, G., & Schmatz, H. (2007). Crecimiento vegetativo de portainjertos de cítricos que se producen en distintos sustratos comerciales. *Ciencia Rural*, 970-975.
- Franco, K. (Enero de 2017). *Estudio comparativo de costos y rentabilidad de dos empresas familiares dedicadas a la producción de viveros de cítricos injertos en la zona nortedel cantón Mocache, provincia de Los Ríos*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3349/1/T-UTEQ-0041.pdf>
- Garavello , M., Beltran, V., & Kornowski, M. (2011). *Catálogo de portainjertos-cítricos*.
- Golovina, E., & Buintink, J. (2015). Mecanismos de tolerancia a la desecación de las plantas. *Trends in Plants Science*, 431-438 pp.
- González, Á., Guillén, D., Tejacal, I., López, V., Juárez , P., & Bárcenas, D. (2020). Comportamiento de variedades de naranja injertadas en diferentes portainjertos en Xalostoc, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(5), 1128-1131.
- González, L., & Tullo, C. (2019). *Guía técnica-Cultivos de cítricos*. Obtenido de JICA: [https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt\\_03.pdf](https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_03.pdf)
- Gutiérrez, B., & Alcoser, H. (2013). Evaluación de las características morfológicas y de crecimiento inicial de 3 variantes de Limón Sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) en 3 patrones portainjertos en el Valle del Chira, Sector Cieneguillo Sur. Piura . *Repositorio Universidad Nacional de Piura*, 70.
- Hartmann, H., & Kester, D. (2012). *Manejo de huertos de cítricos. Instituto de Tecnología Agropecuaria “Informe Anual” Estación Experimental Sapecho*. Bolivia.
- Hernández, R. (mayo de 2010). *Recomendaciones en el cultivo de mandarina (Citrus Reticulata Jones), para las condiciones del sur-oriente de Guatemala*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/84773531.pdf>
- Hunt, R. (1991). El enfoque funcional del análisis del crecimiento de las plantas. *Plant growth curves*, 48.
- INEC. (Mayo de 2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Obtenido de ESPAC: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

inec/Estadisticas\_agropecuarias/espac/espac\_2017/Presentacion\_Principales\_Resultados\_ESPAC\_2017.pdf

InfoAgro. (Junio de 2011). *El cultivo de los limones*. Obtenido de <https://www.infoagro.com/citricos/limon.htm>

Jiménez , R., & Zamora, V. (2010). *Taller Regional sobre viveros de cítricos. Principales cultivares y patrones utilizados en la citricultura*. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT).

Landin, X., & Granja, J. (2020). Respuesta morfológica en diferentes especies de portainjertos en cítricos, sometidas a estrés salino e hídrico bajo condiciones de invernadero. *CEDAMAZ*, 59-62. Obtenido de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/894/758>

Larico, R. (2015). *Compatibilidad de patrones y yemas en injerto de cítricos en Echarati- La convención- Cusco*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/138/253T20150043.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Linares, S. I. (Julio de 2013). *Determinación del tipo de injerto y yema en el prendimiento de naranja variedad Washington navel (Citrus sinensis L.) en patrón mandarina cleopatra en el Instituto de Investigación, Producción y Extensión Agraria Tacna-2012*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna: [http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1704/362\\_2014\\_quispe\\_linares\\_si\\_fcag\\_agronomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1704/362_2014_quispe_linares_si_fcag_agronomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

López, J., & Cardona, J. (2010). *Evaluación de portainjertos de cítricos en la zona central cafetera de Colombia*. Obtenido de Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ): <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot030.pdf>

MAG. (Enero de 2018). *MAG promueve la comercialización de naranja en Loja*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería: <https://www.agricultura.gob.ec/mag-promueve-la-comercializacion-de-naranja-en->

loja/#:~:text=Loja%2C%2011%20de%20mayo%20de,trav%C3%A9s%20del%20Pro  
grama%20Redes%20Comerciales.

Medrano, H. (abril de 2014). *Evaluación de cinco portainjertos en la multiplicación de dos especies en cítricos naranja (Citrus sinensis) y mandarina (Citrus reticulata) en condiciones de vivero en la Estación Experimental de Sapecho – La Paz*. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5371/T-1970.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Medrano, H., Escalona, M., Cifre, J., Bota, J., & Flexas, J. (2019). Un estudio de diez años sobre la fisiología de dos cultivares de vid españoles en condiciones de campo: efectos de la disponibilidad de agua desde la fotosíntesis de las hojas en el rendimiento y la calidad de la uva . *Functional Plant Biology*, 607-619 pp.

Micheloud, N. (noviembre de 2012). *Comportamiento fenológico-Reproductivo de variedades de cítricos en la zona centro de la provincia de Santa Fé*. Obtenido de <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/437/tesis.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Milla, D., Arizaleta, M., & Díaz, L. (2009). Crecimiento del Tilo Tahití (*Citrus latifolia* Tan.) y desarrollo del fruto en huerto frutal de cuatro portainjertos en el Municipio Palavecino. Estado Lara, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 85-95.

Montoliu, A. (Junio de 2010). *Respuestas fisiológicas de los cítricos sometidos a condiciones de estrés abiótico y biótico*. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/22656/montoliu.pdf>

Morín, C. (2011). *Cultivo de cítricos* (Vol. II). Lima, Perú: UNIVERSO S.A.

Ojeda, L. (2015). *Caracterización Agronómica de Especies y Variedades Frutícolas Introducidas en la Provincia de Loja*. Loja.

Orduz, J. O., & Mateus, D. (Febrero de 2012). Generalidades de los Cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia. En L. F. Garcés (Ed.), *Cítricos: Cultivo, poscosecha e industrialización* (J. D. Tous, Trad., pág. 370). Colombia: Editorial Artes y Letras S.A.S. Obtenido de Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/452/1/citricos.pdf>

- Pardo, M., & Orejuela, Y. (2014). *Estudio de la producción de los cítricos en las parroquias de Lita y La Carolina (Corredor Ibarra – San Lorenzo) en el periodo 2009-2012 y propuestas de medidas de mejoramiento*. Ibarra.
- PDOT. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Loja*. Obtenido de loja.gob.ec:  
[https://www.loja.gob.ec/files/image/LOTAIP/2020/plan\\_de\\_desarrollo\\_y\\_ordenamiento\\_territorial\\_del\\_canton\\_loja\\_-\\_sociabilizacion\\_del\\_documento.pdf](https://www.loja.gob.ec/files/image/LOTAIP/2020/plan_de_desarrollo_y_ordenamiento_territorial_del_canton_loja_-_sociabilizacion_del_documento.pdf)
- Peñañiel, W. (2016). *Reconocimiento de variedades de cítricos en campo*. Bolivia: Blume.
- Pérez, J., García, J., Robles, P., & Botía, F. (2016). Análisis económico de Navel Orange cv. Lane late cultivada en dos portainjertos diferentes tolerantes a la sequía bajo riego deficitario en el sureste de España. *Gestión del agua agrícola*, 157-164 pp.
- Pérez, O., Medina, V., & Becerra, S. (2012). Crecimiento y rendimiento de naranja Valencia injertada en 16 portainjertos de cítricos establecidos en suelo calcimórfico y calidad del jugo. *Agrociencia*, 13.
- Quiñónez, J. (2015). *Manual diseño y organización de viveros*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.competitividad.org.do/wp-content/2016/05>
- Rodríguez, J. (2012). *Conductancia Hidráulica en Patrones de Cítricos. Tesis doctoral de Ingeniero Agrónomo*. Valencia, España: Departamento de Producción Vegetal, Universidad Politécnica de Valencia.
- Rojas, G. (Junio de 2018). *Tres patrones y su efecto sobre el crecimiento y desarrollo de planta en un mutante de Limón sutil sin semilla (Citrus aurantifolia Swingle) en Cieneguillo Sur-Sullana*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Nacional de Piura: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1486/AGR-ROJ-GAR-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Roldán, D., & Salazar, M. (2004). *La cadena de cítricos en Colombia*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, Colombia. : <http://repiica.iica.int/docs/B0148e/B0148e.pdf>.
- Salisbury, F., & Ross, C. (2009). *Fisiología de las plantas* (Vol. 3). (Paraninfo, Ed.) España: Editorial S. A.

- Sosa, F., Monteverde, E., & Laborem, G. (2008). *Evaluación del naranjo 'Valencia' Sobre siete portainjertos en Miranda estado Carabobo*. Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (Inia).
- Stampella, P., Delucchi, G., & Pochettino, L. (Diciembre de 2013). *Naturalización e identidad del "limón mandarina", Citrus x taitensis (Rutaceae, Aurantioideae) en la Argentina*. Obtenido de Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica: [https://botanicaargentina.org.ar/wp-content/uploads/2017/05/13\\_delucchi.pdf](https://botanicaargentina.org.ar/wp-content/uploads/2017/05/13_delucchi.pdf)
- Susan, G., & Robin, T. (2009). *Valor nutritivo de los alimentos*. Estados Unidos: Parma S.A.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2012). *Fisiología de las plantas*. Publishers, Sunderland.
- Tommasino, E. A. (2018). *Utilización del estrés oxidativo y la defensa antioxidante para la caracterización e identificación temprana de genotipos de Cenchrus ciliaris L. tolerantes al estrés abiótico*. Obtenido de Universidad Nacional de Córdoba: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/11386/Tommasino%2C%20Exequiel%20-%20Utilizaci%C3%B3n%20del%20estr%C3%A9s%20oxidativo%20y%20la%20defensa%20antioxidante%20para%20la%20caracterizaci%C3%B3n%20e%20identificaci%C3%B3n%20temprana%20de%20genotipos%2>
- Valarezo, A., Valarezo, O., Mendoza, A., & Alvarez, H. (2014). *Guía técnica sobre el manejo de los cítricos en el Litoral ecuatoriano*. Obtenido de INIAP: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1194>
- Vanegas, M. (2012). Guía técnica del cultivo de Limón Pérsico. En *Programa nacional de frutas de El Salvador* (pág. 46). El Salvador: Editorial Maya. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería. IICA: <http://repiica.iica.int/docs/B0217E/B0217E.PDF>
- Varela, F. (2018). Importancia y distribución de Cítricos. *Tecnoagro*, Categoría N° (124). Obtenido de <https://tecnoagro.com.mx/no.-124/importancia-y-distribucion-de-los-citricos#:~:text=%E2%80%9CPor%20su%20alto%20contenido%20en,de%20personas%20alrededor%20del%20mundo.%E2%80%9D>
- Vila, H. (Agosto de 2011). *Regulación de la hidratación y la turgencia foliares por mecanismos evitadores del estrés, y resistencia a déficit hídrico en vid*. Obtenido de [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/4367/vila-regulacionhidratacion.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/4367/vila-regulacionhidratacion.pdf)



- Wagner, M., Laborem, G., Marín, C., Medina, G., & Rangel, L. (2018). *Efecto de diferentes patrones de cítricas e intervalos de riego sobre la calidad y producción de la naranja "Valencia"*. Obtenido de redalyc.org: <https://www.redalyc.org/pdf/857/85714203.pdf>
- Yin, C., Peng, Y., Zang, R., Zhu, Y., & Li, C. (2005). Respuestas adaptativas de *Populus kangdingensis* al estrés por sequía. *Physiologia Plantarum*, 445-451.

## 9. ANEXOS

### 9.1. Evidencias fotográficas



**Figura 15.** Preparación del sustrato



**Figura 16.** Poda de raíces y enfundado



**Figura 17.** Adecuación del material vegetal (injerto de yema en T invertida)



**Figura 18.** Descope de las plantas a los 21 días después de ser injertadas



**Figura 19.** Brotes a los 40 y 70 días después de haber injertado



**Figura 20.** Controles fitosanitarios



**Figura 21.** Implementación del ensayo en campo y toma de datos



**Figura 22.** Fotografía de hoja para determinación del área foliar mediante Photoshop



**Figura 23.** Hojas de naranja en diferentes estados fenológicos para determinación del área foliar

## 9.2. Análisis de varianza realizados

**Tabla 6.** Análisis de varianza para variable altura de planta según prueba DGC, siendo estadísticamente significativo para el factor variedad.

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1484,48	12	123,71	2,15	0,0394
Riego	52,57	1	52,57	0,92	0,3455
Portainjerto	0,02	1	0,02	3,9E-04	0,9844
variedad	312,73	1	312,73	5,45	0,0257
Repeticion	903,05	5	180,61	3,14	0,0194
Riego*Portainjerto	157,69	1	157,69	2,75	0,1067
Riego*variedad	0,02	1	0,02	2,8E-04	0,9868
Portainjerto*variedad	18,90	1	18,90	0,33	0,5699
Riego*Portainjerto*varieda..	39,51	1	39,51	0,69	0,4127
Error	1952,67	34	57,43		
Total	3437,15	46			

**Tabla 7.** Análisis de varianza para variable número de hojas según prueba DGC, siendo estadísticamente significativo para el factor tipo de portainjerto.

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	366,92	12	30,58	3,15	0,0040
Riego	0,75	1	0,75	0,08	0,7828
Portainjerto	65,33	1	65,33	6,72	0,0138
variedad	0,75	1	0,75	0,08	0,7828
Repeticion	261,25	5	52,25	5,38	0,0009
Riego*Portainjerto	30,08	1	30,08	3,10	0,0872
Riego*variedad	0,33	1	0,33	0,03	0,8541
Portainjerto*variedad	0,08	1	0,08	0,01	0,9267
Riego*Portainjerto*varieda..	8,33	1	8,33	0,86	0,3607
Error	340,08	35	9,72		
Total	707,00	47			

**Tabla 8.** Análisis de varianza para la variable longitud de brote, según prueba DGC, siendo estadísticamente significativo para el factor tipo de portainjerto.

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1118,62	12	93,22	3,54	0,0017
Riego	8,59	1	8,59	0,33	0,5715
Portainjerto	171,39	1	171,39	6,51	0,0152
variedad	4,63	1	4,63	0,18	0,6776
Repeticion	915,56	5	183,11	6,96	0,0001
Riego*Portainjerto	8,42	1	8,42	0,32	0,5753
Riego*variedad	0,01	1	0,01	3,9E-04	0,9844
Portainjerto*variedad	9,45	1	9,45	0,36	0,5528
Riego*Portainjerto*varieda..	0,59	1	0,59	0,02	0,8823
Error	920,97	35	26,31		
Total	2039,58	47			

**Tabla 9.** Análisis de varianza para la variable diámetro de copa, según prueba DGC, siendo estadísticamente significativo para el factor especie de portainjerto y para la interacción doble riego-variedad.

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	545,90	12	45,49	5,49	<0,0001
Riego	0,30	1	0,30	0,04	0,8502
Portainjerto	47,37	1	47,37	5,71	0,0225
variedad	1,62	1	1,62	0,19	0,6616
Repeticion	434,95	5	86,99	10,49	<0,0001
Riego*Portainjerto	0,53	1	0,53	0,06	0,8021
Riego*variedad	44,50	1	44,50	5,37	0,0267
Portainjerto*variedad	11,17	1	11,17	1,35	0,2539
Riego*Portainjerto*varieda..	5,47	1	5,47	0,66	0,4225
Error	281,91	34	8,29		
Total	827,81	46			

**Tabla 10.** Análisis de varianza para la variable volumen de copa, según prueba DGC, siendo estadísticamente significativo para el factor especie de portainjerto.

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	203656438,55	12	16971369,88	2,79	0,0090
Riego	116287,17	1	116287,17	0,02	0,8909
Portainjerto	40421858,52	1	40421858,52	6,64	0,0144
variedad	277731,57	1	277731,57	0,05	0,8322
Repeticion	150460129,09	5	30092025,82	4,94	0,0016
Riego*Portainjerto	1947280,22	1	1947280,22	0,32	0,5754
Riego*variedad	7973145,19	1	7973145,19	1,31	0,2604
Portainjerto*variedad	773684,08	1	773684,08	0,13	0,7237
Riego*Portainjerto*varieda..	1686322,71	1	1686322,71	0,28	0,6021
Error	213198634,72	35	6091389,56		
Total	416855073,27	47			