

**DESARROLLO DE NUEVAS METODOLOGÍAS PARA ACELERAR EL  
CRECIMIENTO DE PATRONES DE CÍTRICAS CULTIVADOS EN  
ESTRUCTURAS PROTEGIDAS**

por

Sandra C. Arce Renta

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

en

Horticultura

**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ**

2016

Aprobado por:

\_\_\_\_\_  
Dania Rivera Ocasio, PhD.  
Presidenta de Comité

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Agenol González, Ms.  
Miembro de Comité

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Martha C. Giraldo, PhD.  
Miembro de Comité

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Guillermo Ortiz, PhD.  
Representante Oficina Estudios Graduados

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Elvin Román Paoli, PhD.  
Director  
Departamento Ciencias Agroambientales

\_\_\_\_\_  
Fecha

## Abstract

Fruit production occupies an important place in Puerto Rico's agriculture. Within fruit category, oranges made up \$5,949,000 of the Agricultural Gross Income (IBA) for 2013-2014. Today, Citrus Greening (CG) is the most aggressive disease for the citrus industry in the whole world. It is caused by the bacteria *Candidatus liberibacter asiaticus* (CLas), which is transmitted by the citrus psyllid vector *Diaphorina citri*. The disease causes deformity and acidification of the fruits, seed abortion and asymmetric foliage chlorosis. Eventually the trees die and this is the main reason why citrus trees are diminishing in the fields. Right now, it is recommended to grow citrus rootstocks inside of nurseries to produce disease free grafted trees. Tree production inside of protected nurseries allows tree development in a controlled environment, protected from negative abiotic and biotic factors that might be present in the field. The objective of this investigation was to evaluate the effect of different substrates mixes and quantities of fertilizers on the rootstocks Carrizo citrange (*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*) and Swingle citrumelo (*Citrus paradisi* x *Poncirus trifoliata*) in order to accelerate growth by increasing the height, diameter and dry weight of shoots and roots inside of a protected structure. We also evaluated the rootstocks once they were grafted with Rhode Red 'Valencia' (*Citrus x aurantium* L.) for the same parameters (except diameter). The treatments were: promix sunshine mix #4 + sand (control) (1:1), promix sunshine mix #4 + sand + "coco peat" (1:1:1), promix sunshine mix #4 + sand + coffee compost (1:1:1) and promix, sunshine mix #4 + sand + rice husk (1:1:1). Both rootstocks and substrates were submitted to different quantities of fertilizer 18-6-2, 5.6 grams and 8.5 grams. The substrate that contained 33% of rice husk influenced in a negative way every parameter evaluated in this study for both rootstocks. Carrizo presented better results on the coffee compost mix for the height and dry weight of shoot and roots. Rhode Red 'Valencia' presented better results dry weight of shoot and roots when grafted on Carrizo with the coffee substrate. Swingle did not present significant difference in all substrates except on rice husk for the most of the parameters. The rice husk substrate is not recommended for the citrus crop at nursery level.

## Resumen

La producción de frutales es muy importante en la agricultura de Puerto Rico. Dentro de este renglón, las chinás aportaron \$5,949,000 al Ingreso Bruto Agrícola (IBA) para el año 2013-2014. El “Citrus greening” (CG) es la enfermedad más devastadora actualmente en la industria de las cítricas en todo el mundo y es causada por la bacteria *Candidatus liberibacter asiaticus*, la cual es transmitida por el vector, el psílido de las cítricas, *Diaphorina citri*. Esta enfermedad causa deformación y acidificación de los frutos, aborto de semillas, clorosis foliar asimétrica y eventualmente muerte regresiva siendo este último la causa principal de la disminución de árboles de cítricas en el campo. Actualmente se recomienda producir cítricas dentro de estructuras cerradas para desarrollar árboles injertados libres de la enfermedad del CG. La producción de plantas dentro de estructuras cerradas permite el desarrollo de plantas en un ambiente controlado, protegido de factores bióticos y abióticos que podrían encontrar en el campo. Los objetivos de esta investigación fueron evaluar el efecto de distintas mezclas de sustratos y cantidades de fertilizante en los patrones Carrizo citrange (*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*) y Swingle citrumelo (*Citrus paradisi* x *Poncirus trifoliata*) con el propósito de acelerar su crecimiento en altura, diámetro y peso seco de raíces y tallo dentro de estructuras cerradas. También se evaluó los patrones luego de ser injertados con Rhode Red ‘Valencia’ (*Citrus x aurantium* L.) para los mismos parámetros menos diámetro. Los tratamientos de sustratos fueron: promix sunshine mix #4 + arena (control) (1:1), promix sunshine mix #4 + arena + “coco peat” (1:1:1), promix sunshine mix #4 + arena + composta de café (1:1:1) y promix sunshine mix #4 + arena + cáscara de arroz (1:1:1). Ambos patrones y las distintas mezclas de sustratos fueron sometidas a dos cantidades diferentes de fertilizante 18-6-12, 5.6 gramos y 8.5 gramos. El sustrato que contenía un 33% de cáscara de arroz influyó de manera negativa todos los parámetros evaluados en este experimento para ambos patrones. Carrizo presentó mejores resultados en el medio con composta de café tanto para la altura y peso seco del tallo y raíz. Rhode Red ‘Valencia’ injertado en Carrizo también presentó mejores resultados de peso seco (tallo y raíz) en el medio con composta de café. Swingle no presentó diferencias significativas en todos los sustratos con la excepción de arroz para la mayoría de los parámetros. El medio de cultivo con arroz no se recomienda para el cultivo de cítricas.

# Agradecimientos

Quiero agradecer a la **Dra. Dania Rivera** por aceptarme como estudiante y ser mi mentora durante estos años. Por siempre estar pendiente a mi y desear lo mejor en mi desarrollo profesional.

Gracias a el apoyo, sugerencias y ayuda de mi comité graduado: **Agenol González** y la **Dra. Martha Giraldo**.

Gracias a **José Arocho**, **José Luis Rodríguez (Pepin)** y **Rebekah Sánchez** por brindarme siempre una mano en todo lo que necesitaba en mi proyecto. Además, a todo el personal de la EEA de Corozal por facilitarme en lo necesario y extender una mano.

Gracias a mi **familia** y **amistades** por escuchar mis frustraciones, animarme, aconsejarme y ayudarme siempre que lo necesite.

Gracias al proyecto **H-451 “Production of Healthy Citrus Plants in Puerto Rico”** por proveer los fondos de este proyecto.

# Contenido

<b>Abstract</b> .....	ii
<b>Resumen</b> .....	iii
<b>Agradecimientos</b> .....	iv
<b>Lista de Figuras</b> .....	vii
<b>Lista de tablas</b> .....	viii
<b>Lista de símbolos y abreviaciones</b> .....	ix
<b>Capítulo 1</b> .....	1
Introducción.....	1
1.1 Objetivos.....	4
<b>Capítulo 2</b> .....	5
Revisión Literaria.....	5
2.1 Estructuras.....	5
2.2 Patrón.....	6
2.2.1 Carrizo citrange.....	6
2.2.2 Swingle citrumelo.....	7
2.3 Variedad.....	8
2.3.1 Rhode Red ‘Valencia’.....	8
2.4 Sustratos.....	9
2.4.1 Turba.....	9
2.4.2 Arena.....	10
2.4.2.1 Arena y Turba.....	10
2.4.3 “Cocopeat”.....	10
2.4.4 Composta de café.....	11
2.4.5 Cáscara de arroz.....	12
2.5 Fertilizantes.....	12
<b>Capítulo 3</b> .....	14
<b>Materiales y Métodos</b> .....	14
<i>Evaluación de patrones</i> .....	17
<i>Evaluación de patrones injertados con Rhode Red ‘Valencia’</i> .....	17

<i>Parámetros abióticos</i> .....	17
<b>Capítulo 4</b> .....	18
Resultados y Discusión.....	18
<b><i>Evaluación de patrones</i></b>	
4.1 Altura de patrones.....	18
4.2 Diámetro de patrones.....	19
4.3 Clorofila de patrones.....	22
<b><i>Evaluación de patrones injertados con Rhode Red ‘Valencia’</i></b>	
4.4 Altura del injerto.....	25
4.5 Peso seco de raíces y tallos de patrones injertados con Rhode Red ‘Valencia’ para la altura.....	27
4.6 Clorofila de Rhode Red ‘Valencia’.....	32
<b><i>Parámetros abióticos</i></b>	
4.7 pH.....	32
4.8 CE.....	32
4.9 Temperatura de vivero y sustratos.....	34
4.10 Humedad Relativa del vivero.....	37
<b><i>Evaluación de costos</i></b>	
4.11 Costos por sustrato.....	39
<b>Capítulo 5</b> .....	40
Conclusiones.....	40
<b>Literatura citada</b> .....	41
<b>Apéndice</b> .....	47
Apéndice 1. Informe de propiedades químicas de los sustratos. Laboratorio Central Analítico, Laboratorio Agrícola y Ambiental. Estación Experimental Agrícola-Río Piedras.....	47

## Lista de Figuras

Figura 1. Fruto de Rhode Red ‘Valencia’ .....	9
Figura 2. Estructura protegida .....	14
Figura 3. Bandeja de germinación de 72 espacios .....	15
Figura 4. Tamaño general y sistema radicular de plántulas antes de ser trasplantadas a los tiestos .....	16
Figura 5. (Izquierda): Medios de sustratos para ser esterilizados. ....	16
Figura 6. Mesa con el diseño de 4 bloques (DBCA). Comienzo del experimento... ..	16
Figura 7. Sistema radicular de Swingle citrumelo en los distintos tratamientos de sustratos .....	30
Figura 8. Sistema radicular de Carrizo citrange en los distintos tratamientos de sustratos.....	31
Figura 9. Valores de temperatura del sustrato control.....	35
Figura 10. Valores de temperatura del vivero.....	36
Figura 11. Valores de humedad relativa del vivero.....	38

## Lista de Tablas

Tabla 1. Altura y diámetro de los patrones por fuentes de variación e interacciones .....	21
Tabla 2. Interacción entre patrón y sustrato e interacción entre sustrato y fertilizante para la altura .....	22
Tabla 3. Altura y diámetro de los patrones por fuentes de variación e interacciones .....	23
Tabla 4. Interacción de patrón y sustrato de patrones en la clorofila .....	24
Tabla 5. Altura de injertos de Rhode Red ‘Valencia’ por fuentes de variación e interacciones .....	26
Tabla 6. Interacción de patrón y fertilizante en injertos de Rhode Red ‘Valencia’ ..	26
Tabla 7. Peso seco de raíz y tallos de los patrones injertados con Rhode Red ‘Valencia’ por fuentes de variación e interacciones.....	28
Tabla 8. Interacción de patrón y sustrato de los patrones injertados con Rhode Red Valencia en el peso seco de la raíz y tallos .....	29
Tabla 9. Medidas de pH de todos los tratamientos de sustrato y cantidad de fertilizante por mes.....	33
Tabla 10. Medidas de conductividad eléctrica (dS/m) de todos los tratamientos de sustrato y cantidad de fertilizante por mes .....	33
Tabla 11. Costos de sustratos por tiesto .....	39



## Lista de Símbolos y Abreviaciones

°C: grados centígrados

°F: grados Fahrenheit

mm: milímetros

cm: centímetros

g: gramos

F1- 5.6 gramos del fertilizante 16-8-12

F2- 8.5 gramos del fertilizante 16-8-12

Control- Mezcla de Promix Sunshine Mix #4 + arena de río (1:1)

“Coco peat”- Mezcla de Promix Sunshine Mix #4 + arena de río + “Cocopeat” (1:1:1)

Composta- Mezcla de Promix Sunshine Mix #4 + arena de río + Composta de café  
(1:1:1)

Arroz- Mezcla de Promix Sunshine Mix #4 + arena de río + Cáscara de arroz (1:1:1)

CG- Citrus greening

HLB- Huanlongbing

CLas- *Candidatus liberibacter asiaticus*

IBA- Ingreso Bruto Agrícola

FYM- “Farm Yard Manure”

HR- Humedad Relativa

# Capítulo 1

## Introducción

Uno de los retos en la agricultura es poder satisfacer la demanda de alimentos de calidad para la creciente población humana. Dentro de la agricultura de Puerto Rico, los frutales ocupan un lugar importante. En este renglón, las chinas ocuparon el tercer lugar en aportación al Ingreso Bruto Agrícola (IBA) para el año 2013-2014 (“Depto. de Agricultura”, 2014). Las primeras siembras de cítricas en Puerto Rico tuvieron lugar en el año 1901 y para la década del 1920-1930 ocurrió la época dorada de las cítricas (Salazar, 1965). Para el 2013-2014 las chinas aportaron \$5,949,000 al IBA y los limones aportaron \$208,000 al IBA (“Depto. de Agricultura”, 2013-2014). Datos del 2014 informan que la producción local de chinas y mandarinas fue de 264,080 quintales y la producción de limas y limones fue de 1,858 quintales (“Depto. de Agricultura”, 2014).

Para poder mantener producciones estables y exitosas se deben atender varios factores que pueden perjudicar la producción y desarrollo de nuestros cultivos. El clima, suelo, plagas y enfermedades son factores que pueden tener efectos negativos en los cultivos disminuyendo su producción, afectando su desarrollo y sobrevivencia. Actualmente, el enverdecimiento de las cítricas o “Citrus Greening” (**CG**) es el causante principal de la gran disminución de cítricas mundialmente (Chung & Brlansky, 2005). El CG también conocido como “Huanlongbing” (**HLB**) representa un factor limitante para la industria de las cítricas, ya que disminuye el ciclo de vida y producción de los árboles (Batoool, et al., 2007; Chung & Brlansky, 2005). Esta enfermedad es causada por la bacteria gram negativa, *Candidatus liberibacter asiaticus* (**CLas**), la cual es transmitida a los árboles por el psílido de las cítricas, *Diphorina citri* (Batoool, et al., 2007). Esta bacteria se aloja en el floema de las plantas e induce una muerte regresiva en las ramas,

caída de frutos, retraso en el crecimiento y un pobre desarrollo radicular (Batool, et al., 2007; Graca, 1991). En el 1998, el psílido de las cítricas fue reportado en Florida y para el 2001 se detectó por primera vez en Puerto Rico (Halbert & Nuñez, 2004). No fue hasta el 2009 que se reportó la bacteria CLas por primera vez en la isla (Alvarado, et al., 2010).

Desde que el CG llegó a la isla se ha observado una dispersión de la enfermedad a través de todo Puerto Rico causando daños importantes para los productores de cítricos. Para el 2012-2014 la producción de cítricos en Puerto Rico en promedio ha sido de 2,556.24 toneladas y para el 2015 la producción fue de 1,557.01 lo que representa un 39% de disminución en la producción. Estas cifras se esperan que seguirán mermando en estos años (Méndez, 2016).

Actualmente, se está investigando distintas maneras de eliminar la bacteria o disminuir la incidencia de CG y la cantidad de árboles enfermos. Como control biológico se ha estudiado el parasitismo positivo de ninfas del psílido por la avispa *Tamarixia rabiata* (Pluke, et al., 2008). Respecto al uso de plaguicidas, al ser una enfermedad tan devastadora, los agricultores han optado por utilizar agresivamente tratamientos químicos. Estas aplicaciones, han forzado una selección natural en los psílicos resultando en insectos resistentes a los plaguicidas (Tiwari, 2011).

La termoterapia (terapia termal) se está utilizando para controlar la bacteria CLas. En una investigación Hoffman, et al. (2013), encontraron que a temperaturas de 40-42 °C hubo una eliminación efectiva de CLas en plantas afectadas severamente. Este tipo de tratamiento a demostrado ser completamente efectivo a nivel de tiesto pero una vez el tratamiento ha terminado la planta puede volver a adquirir la enfermedad (Hoffman, et al., 2013). Mientras se trabaja para encontrar soluciones efectivas y económicas contra el CG

se está recomendando erradicar aquellas plantas afectadas y reemplazarlas con árboles libres de enfermedad, llevar a cabo plan de prácticas alternas de fertilización intensiva para prolongar el ciclo de producción y cultivar cítricas dentro de estructuras protegidas (Hodges & Spreen, 2006).

Árboles injertados producidos dentro de estructuras protegidas es la base para contrarrestar la pérdida de árboles de cítricas en el campo causadas por esta enfermedad (Davies & Zalman, 2008). Ante la situación causada por el CG, el Departamento de Agricultura de Puerto Rico está promoviendo el establecimiento de viveros o estructuras protegidas especializados para la producción de cítricas (“Resolución Conjunta 186”, 2013). Producir plantas de cítricas en tiestos dentro de estructuras cerradas ayuda a desarrollar un sistema de raíces vigorosas y saludables, lo cual facilita disminuir la perturbación de la bola de raíz durante el trasplante al campo (Castle, 1987). El sustrato, fertilizante y hormonas pueden ayudar a acelerar el crecimiento de los patrones de cítricas y la combinación de patrón/injerto puede ayudar a acelerar el trasplante al campo e inclusive proveer algún tipo de resistencia a enfermedades (Albrecht, et al., 2012).

En Puerto Rico no se ha estudiado el efecto del sustrato, fertilizante o combinación de estos en los patrones de cítricas. Actualmente, existen opciones locales de sustratos que podrían ser más económicas y ventajosas para optimizar el desarrollo de las plantas en nuestro clima. En esta investigación se evaluaron mezclas de sustrato y fertilizante para acelerar el desarrollo de los patrones Carrizo citrange y Swingle citrumelo. Además, se evaluó el establecimiento de injerto y brote de Rhode Red ‘Valencia’ en un periodo de tiempo más corto injertado en los patrones ya mencionados.

## 1.1 Objetivos

- 1- Evaluar el efecto que tienen distintas mezclas de sustratos y cantidades de fertilizante en altura, diámetro, clorofila de los patrones Carrizo citrange (*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*) y Swingle citrumelo (*Citrus paradisi* Macr. x *Poncirus trifoliata*) para acortar el tiempo necesario para trasplantar cítricas al campo y posiblemente permitir más de un ciclo de desarrollo de estas plantas por año dentro de un mismo invernadero.
- 2- Evaluar el efecto de los sustratos y cantidad de fertilizantes en altura, clorofila y peso seco de tallos de Rhode Red Valencia (*Citrus sinensis* L. Obsbeck) una vez injertado en ambos patrones para acortar el tiempo de brote y desarrollo del injerto.

## Capítulo 2

### Revisión Literaria

El producir plantas saludables dentro de estructuras cerradas beneficia a los viveros, productores y consumidores (Gonçlaves, 2011). Los invernaderos son utilizados en la agricultura para brindarle a las semillas y plántulas mayor protección de la que se puede brindar en el campo (Briceño, et al., 2008). Las estructuras facilitan el desarrollo de plántulas saludables y previenen la propagación de enfermedades y patógenos transmitidos por vectores. Además, permiten el desarrollo de nuevo material libre de enfermedades, promueve un mejor trasplante al campo y permite uniformidad en el crecimiento de las plantas al estar protegidas de condiciones naturales adversas (Gonçlaves, 2011; Roka, et al., 1998; & Castle, 1982). Además, los sustratos pueden presentar la ventaja de ser livianos, poseer buen drenaje y ser económicos (Castle, 1982).

#### **2.1 Estructuras**

El uso de estructuras cerradas beneficia a los sistemas de producción intensivos en varias maneras, siendo una de estas el evitar o limitar la entrada de patógenos que afecten los cultivos (Gázquez, et al., 2006; McDonough, et al., 1999). Por ejemplo, los trips además de desmerecer el exterior de los frutos y afectar el desarrollo de los cultivos, pueden transmitir topovirus. Para evitar la entrada de este insecto se recomienda utilizar mallas alrededor de los viveros, una doble puerta, limitación de entrada de personas y llevar acabo otras medidas de control biológico, químico y cultural. Estas medidas han probado ser una excelente medida de control contra los trips (McDonough, et al., 1999).

En Florida, la producción dentro de estructuras cerradas comenzó en el 1977 ya que disminuía la incidencia de enfermedades en comparación de sembrar en el campo. En una encuesta a todos los invernaderos localizados en Florida se determinó que los productores preferían desarrollar plántulas dentro de viveros para aumentar el uso eficiente de tierras (Williamson & Castle, 1989).

Durante la epidemia en Brasil de Clorosis Variegada de Cítricas (CVC), enfermedad causada por la bacteria *Xyllela fastidiosa*, la producción de cítricas dentro de viveros permitió producir un 12% más de frutas con árboles sanos (Gonçalves, 2011). También reportaron observar que árboles de china dulce (*Citrus sinensis* L. Osbeck) injertados en “Rangpur lime” (*Citrus limonia* L. Osbeck) (trasplantados de estructuras protegidas al campo) presentaron una mejor producción de los 3 a los 8 años de sembrados (Gonçalves, 2011).

## **2.2 Patrón**

Los patrones de cítricas además de aportar soporte y absorción de nutrientes y agua pueden contribuir con características deseadas como: tolerancia al frío, tolerancia a alta salinidad y alta humedad, tolerancia a distintos pH, resistencia a nemátodos y enfermedades (Román & González, 2001). Los patrones pueden afectar la calidad de producción en las cítricas, por esto es importante conocer y utilizar la combinación óptima de patrón/injerto (Toplu, et al., 2008).

### **2.2.1 Carrizo citrange**

El patrón de Carrizo citrange, es un híbrido de Washington Navel (*Citrus sinensis*) x naranja trifoliada (*Poncirus trifoliata*) muy utilizado (Mateus & Ordúz, 2012). Este híbrido posee resistencia a daños por *Phytophthora*, tolerancia al virus de la tristeza,

una elevada resistencia al nématodo *Tylenchulus semipenetrans* y aporta cierta resistencia a la enfermedad del CG (Avilan & Rengifo, 1987; Albrecht, 2012). Además, las variedades injertadas sobre estos híbridos se desarrollan con uniformidad de manera rápida y vigorosa (Mateus & Ordúz, 2012). En una investigación Toplu et. al., (2008), determinó que Carrizo citrange era un buen candidato como patrón para Rhode Red Valencia y Valencia Late. Nutricionalmente aquellas variedades injertadas en Carrizo presentaron las mayores medias en concentración en el follaje de nitrógeno, potasio, magnesio y cobre. En otro estudio, Carrizo como porta-injerto de Valencia Late presentó raíz pivotal dominante y a través de esta muchas raíces laterales vigorosas (Castle, 1977). Como portador de Hamlin, presentó mayor producción que aquellos injertos sobre Cleopatra y Sun Shu Sha (Román, et al., 2011).

### **2.2.2 Swingle citrumelo**

Swingle es un híbrido de toronja (*Citrus paradisi*) x el naranjo trifoliado (*Poncirus trifoliata*) (Mateus & Ordúz, 2012). Este ha demostrado compatibilidad con diferentes variedades aun así estando los materiales vegetativos (injerto) contaminados con el virus de exocortis (Hutchison, 1974). También ha presentado buena adaptación a suelos arenosos y arcillosos, alto porcentaje de germinación, desarrollo de plántulas uniformes y vigorosas, un sistema radicular extensivo y tolerancia moderada a salinidad, congelación, toxicidad de boro, pudrición radicular y virus de la tristeza (Hutchison, 1974; Mateus & Ordúz, 2012). En otra investigación, en el cual Swingle fue porta-injerto de Valencia Late, presentó raíces laterales finas los cuales apoyaban a un sistema radicular no ramificado y plántulas vigorosas a pesar de poseer un sistema radicular pequeño (Castle, 1977). Román y González (2000, 2001, 2009 & 2011) investigaron el



efecto de Swingle como porta-injertos de distintas variedades de cítricas (Mandarina Dancy, Washintong Navel, Hamlim y Chironja) en varias localidades en Puerto Rico. En la Mandarina Dancy se observó mayor producción injertado en Swingle que en otros patrones (Román & González, 2000). Swingle, al ser usado como patrón para Washington Navel, presentó una producción con óptimo pH, acidez y peso de fruta lo cual lo hace un patrón ideal para dicha variedad (Román & González, 2001). Además, Swingle citrumelo ha mostrado incompatibilidad al ser injertado con Chironja (los ejemplares murieron) (Román, et. al., 2011). Sobre Swingle, Hamlin ha presentado buena producción (Román, et. al., 2009).

## **2.3 Variedad**

### **2.3.1 Rhode Red ‘Valencia’**

La variedad Rhode Red ‘Valencia’, *Citrus sinensis* L. Osbeck (Figura 1), fue descubierto en 1955 por Paul Rhode (Morton, 1987). Esta china se encuentra dentro del grupo de chinas pálidas rojas o sanguinas (“bloody oranges”), nombre que consiguen por el color rojo oscuro que poseen en la pulpa (“Citrus pages/Blood Orange”, 2002). Es una china con color intenso, jugoso, baja acidez, baja vitamina C y 400% más de antioxidantes que otras naranjas. Como árbol, en distintas localidades en Puerto Rico (Isabela, Corozal y Adjuntas) Rhode Red ‘Valencia’ presentó mayor cantidad de sólidos solubles totales (SST) y mayor cantidad de jugo cuando fue injertado en Swingle que a diferencia de ser injertado en Cleopatra (Hualparimachi, 2009). En otro estudio Rhode Red ‘Valencia’ injertado sobre naranja agría presentó enanismo en el desarrollo de la copa y sobre Limón Rugoso (*Citrus jambhiri* Lush.) produjo arboles grandes, vigorosos y productivos (Morton, 1987).



**Figura 1. Fruto de Rhode Red ‘Valencia’**

## **2.4 Sustratos**

Dentro de las estructuras, el desarrollo de plantas injertadas y su sistema radicular son importantes ya que esto influencia el tiempo necesario para producir la planta (Castle, 1977). Para el efecto de tiempo los sustratos juegan un papel importante (Briceño, et al., 2008). Los sustratos aportan soporte, aireación, retención de agua y retención o aportación de nutrientes (Pire & Pereira, 2003). Si éstos son utilizados en combinaciones adecuadas y en las proporciones ideales para cada cultivo, pueden aportar el ambiente necesario para un adecuado funcionamiento y desarrollo de las raíces (Pire & Pereira, 2003; Olivo & Buduba, 2006). Normalmente, los medios de cultivo se componen de una mezcla de dos o más componentes de sustratos (Tsakalimi, 2006).

### **2.4.1 Turba**

La turba es el resultado de la descomposición de materia vegetal en un ambiente anaeróbico. Este material tiene un pH de 5.3-6.5, conductividad eléctrica 0.151-0.5 dS/m, más de un 80% materia orgánica y más de un 500% de retención de agua (Abad, et al., 2002; Berjón, et al.). Una desventaja de este producto es que las reservas de turba son limitadas y difíciles de renovar. Además, existen muchos factores durante la producción y

manejo de este material que pueden afectar el producto final lo cual puede causar que este producto no sea uno económico (Berjón, et al.).

## **2.4.2 Arena**

La arena es utilizada como sustrato o parte del sustrato para añadir peso a los tiestos y es incorporado para disminuir el radio de infiltración del agua a través del tiesto (Bilderback, et al., 2005). Otras características de este material es que posee alta densidad aparente y de partículas, pH neutro y baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Pire & Pereira, 2003; Cabrera, 1999).

### **2.4.2.1 Arena y turba**

Khan et al. (2006), recomienda el uso de turba y arena (1:1 por volumen) para el patrón limón rugoso ya que presentó un mayor crecimiento de este patrón. Para el patrón Cleopatra se encontró que las plántulas desarrolladas en mezcla de arena y turba (50:50 por volumen) con cualquier combinación de aplicación de fertilizante (diario, cada dos días y cada 3 días) presentaron mayor altura en las primeras 23 semanas que en comparación con otros sustratos. Además, para el diámetro la mezcla de arena y turba (1:1) con fertilización cada tres días presentó el diámetro recomendado para ser injertado un mes antes en comparación con los demás tratamientos (Romano, et al., 1995).

## **2.4.3 “Coco peat”**

El “coco peat”, “coco coir” o cáscara de coco es el material obtenido del mesocarpo del coco. Este es procesado para obtener un producto con partículas más pequeña, luego es secado, comprimido y finalmente distribuido (Abad, et. al., 2002). Esta cáscara de coco tiene un pH 5.3-6.3, alto contenido de C/N y conductividad eléctrica (CE), espacio poroso 9.5-12.5% y capacidad de retención de agua de 700-1100% (Abad,

et al., 2002; Evans, & Konduru, 1996).

En el cultivo de *Pinus halepensis* M. fue la mezcla de “coco peat” con cáscara de arroz (70:30) la que obtuvo mayor peso seco total y la mayor superficie, volumen y largo total de raíces de las plántulas en comparación de otras proporciones de mezclas de sustratos (Tsakaldimi, 2006). En otro estudio García et al. (2001), estudiaron el efecto de distintos sustratos en los cultivos *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii*. Para *S. wallisii* entre los mejores sustratos para el desarrollo de la planta fueron: turba con arena (1:1), “coco peat” con arena (1:1) y “coco peat” solo. Mientras que para *E. aureum* los mejores sustratos fueron “coco peat” solo, “coco peat” con corteza de pino (1:1) y “coco peat” y arena (1:1).

#### **2.4.4 Composta de café**

La composta es un abono orgánico que surge o se crea de cualquier material de origen natural. Este proceso de transformación permite reutilizar y biotransformar materiales orgánicos para crear un nuevo producto el cual puede favorecer la aireación y la oxigenación del suelo, lo que resulta en la promoción de mayor actividad radicular (Escobar, et al., 2013). Los cultivos del maíz (*Zea mays*) y habichuela (*Phaseolus vulgaris*) fueron evaluados en distintos sustratos. Para el maíz la mejor mezcla que favoreció floración y número de mazorcas fue la composta de café, gallinaza, hojarasca y bobinaza. Para la habichuela la mezcla de composta de café, composta de guineo, hojarasca y bobinaza favoreció el crecimiento del cultivo. El rendimiento de este cultivo no presentó diferencias significativas entre los distintos tratamientos (Escobar, et al., 2013).

#### **2.4.5 Cáscara de arroz**

La cáscara de arroz es un producto del procesamiento del arroz y como sustrato ofrece porosidad alta (Tsakaldimi, 2006; García, et al., 2001). La cáscara de arroz provee más aireación que la perlita y en el mercado tiene menor valor lo que representa una opción más económica (Evans, 2004). Al estudiar distintas proporciones de turba y cáscara de arroz versus las mismas proporciones de turba con perlita se observó que para varias plantas (Marigold y Pansy) no se obtuvo diferencia significativa en el peso seco entre las mismas proporciones de ambas mezclas de sustratos. Para el tomate se encontró que las plantas en cáscara de arroz en un 10%, 15%, 25%, 30% y 35% con turba presentaron mayor peso seco de los tallos que aquellas plantas en las mismas proporciones de perlita con turba (Evans & Gachukia, 2004).

#### **2.5 Fertilizante**

El sistema radicular de los cítricos es muy limitado ya que tiene una baja cantidad de pelos radiculares lo que resulta en una pobre capacidad de absorción de nutrientes. Los nutrientes en estos cultivos son más necesitados durante la floración y formación de frutos. En las partes vegetativas los elementos más encontrados son los  $Ca > N > P > Mg > S > K$ , mientras que en el fruto los nutrientes más abundante lo son el nitrógeno y potasio (Molina, 2000). Para los cítricos cada nutrimento posee una función importante en la planta. El nitrógeno juega un papel importante en el número de brotes florales. Además, en el momento de expansión radicular el nitrógeno abandona las hojas y es trasladado a las raíces para su desarrollo. Otro nutriente importante en los procesos del

sistema radicular, en este caso la respiración radicular, es el manganeso (Avilan & Rengifo, 1987). No se encontró literatura científica de fertilización para cítricos a nivel de viveros.

Actualmente no hay una recomendación específica para los árboles de cítricos dentro de estructuras cerradas basada en experimentos. Según datos preliminares de una investigación sobre el efecto de distintos fertilizantes en el patrón, Carrizo citrange, el fertilizante 18-6-12 (Caliber Cote®) es adecuado para este patrón ya que resultó ser significativamente mejor que 14-14-14 Osmocote®. Tanto para peso seco de las raíces y tallos el fertilizante 18-6-12 presentó la mejor media (Dania Rivera, comunicación personal 2014).

## Capítulo 3

### Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en una estructura cerrada, localizada en la Estación Experimental Agrícola (EEA) de Corozal. La estructura estuvo protegida por una malla contra insectos (Empresas San Pablo, Lares, P.R.) y cuenta con una doble puerta y una cortina de aire (48", Mars Airs Doors) (Figura 2). Se llevó a cabo un protocolo de entrada el cual incluyó vestimenta de una bata, gorros desechables y limpieza de los zapatos en solución desinfectante (Hipoclorito de Sodio al 10%) para así evitar la entrada de insectos y enfermedades.



**Figura 2. Estructura protegida (a) Cortina de aire. (b) Doble puerta. (c) Recipiente con solución desinfectante (Hipoclorito de Sodio al 10%)**

Se evaluó los patrones Carrizo citrange (*Citrus sinensis x Poncirus trifoliata*) y Swingle citrumelo (*Citrus paradise Macf. X Poncirus trifoliata*). Las semillas fueron obtenidas de la colección de patrones de EEA- Corozal. Los patrones fueron germinados en una mezcla comercial de turba (Promix BX con micorriza) en una bandeja de 72 boquetes (Figura 3). Después de 3 meses las plántulas (Figura 4) fueron trasplantadas a tiestos 4"x4"x12" (CP412CH, Stuewe & Sons. Inc., 31933 Rolland Dirve, Tanget, Oregon, 97389 USA) con distintos tipos de tratamientos de sustratos y cantidades de fertilizante:

Tratamiento	Mezcla de Sustrato	Cantidad de Fertilizante 18-6-12 <sup>2*</sup>
Control + F1	Turba comercial <sup>1</sup> + arena de río (1:1 por volumen)	5.6 gramos
Control + F2	Turba comercial + arena de río (1:1 por volumen)	8.5 gramos
“Cocopeat” + F1	Turba comercial + arena de río + “cocopeat” (1:1:1 por volumen)	5.6 gramos
“Cocopeat” + F2	Turba comercial + arena de río + “cocopeat” (1:1:1 por volumen)	8.5 gramos
Composta + F1	Turba comercial + arena de río + composta <sup>3</sup> (1:1:1 por volumen)	5.6 gramos
Composta + F2	Turba comercial + arena de río + composta (1:1:1 por volumen)	8.5 gramos
Arroz + F1	Turba comercial + arena de río + cáscara de arroz <sup>4</sup> (1:1:1 por volumen)	5.6 gramos
Arroz + F2	Turba comercial + arena de río + cáscara de arroz (1:1:1 por volumen)	8.5 gramos

<sup>1</sup>Promix Sunshine Mix #4. <sup>2</sup>Caliber Cote, Homogeneous Trace Pack, Helena Chemical Company. <sup>3</sup>EEA-Adjuntas. <sup>4</sup>Departamento de Agricultura, siembra de arroz. \*La cantidad de fertilizante a usar se calculó a base de la cantidad baja y alta recomendada por el producto.

Todos los medios de cultivos fueron esterilizados con vapor de agua (100° C) por 4 horas utilizando una caldera de quema diesel en la Estación Experimental Agrícola en Adjuntas (Figura 5). El diseño de este experimento fue un Diseño de Bloques Completamente Aleatorizado (DBCA) con 4 bloques y 6 tiestos de cada tratamiento por bloque (Figura 6).



**Figura 3. Bandeja de germinación de 72 espacios.**

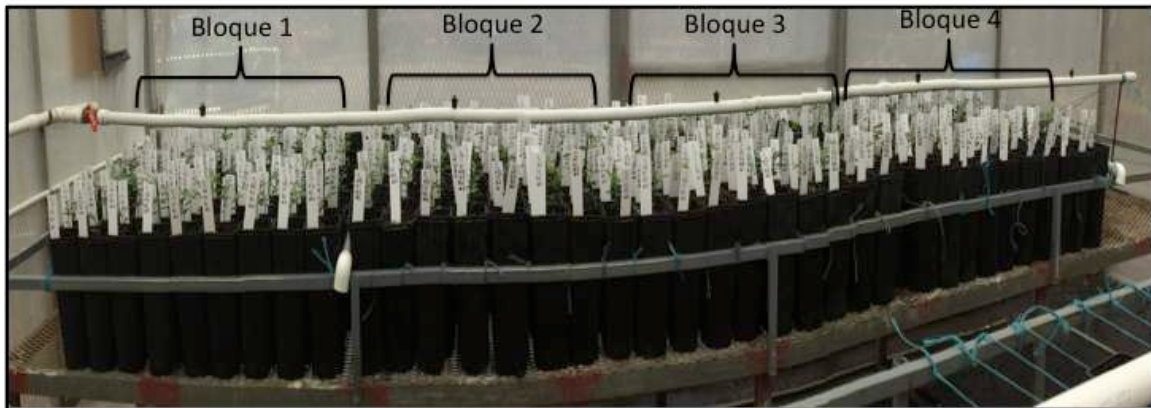




**Figura 4. Tamaño general y sistema radicular de plántulas antes de ser trasplantadas a los tiestos. (A) Carrizo citrange. (B) Swingle cítrumelo**



**Figura 5. (Izquierda): Medios de sustratos para ser esterilizados. (A) Control. (B) “Cocopeat”. (C) Composta. (D) Arroz. (Derecha): Sustratos en el proceso de esterilización con vapor de agua a 100°C.**



**Figura 6. Mesa con 4 bloques (DBCA). Comienzo del experimento.**

### ***Evaluación de patrones***

La altura (cm) se tomó hasta el peciolo de la última hoja y el diámetro del tallo (mm) se tomó a 5 cm del suelo (caliper digital, ABSolute AOS Digmatic, Mitutoyo Corp., Japan) (Figura 7) cada dos semanas por 6 meses.

Se monitoreo el pH y la conductividad eléctrica (CE) a través del método de “pour trough” (Ruter & Garber, 1998) (pH/EC/TDS Meter. Milwaukee, MW 802) (Figura 8).

Se tomó la clorofila a los patrones y a los brotes de Rhode Red ‘Valencia’ (Field Scout, Chlorophyll Meter with Data Logger, Spectrum Technologies) (Figura 9). Se tomó esta lectura a la hoja más joven completamente desarrollada a árboles de cada tratamiento aleatoriamente escogidos. De cada planta se tomó 3 medidas en la misma hoja y se calculó el promedio.

### ***Evaluación de patrones injertados con Rhode Red ‘Valencia’***

Luego de 6 meses la mitad de los patrones fueron injertados con material de Rhode Red Valencia (*Citrus x aurantium* L.) obtenido dentro de estructuras cerradas de la EEA-Isabela. Se tomó la altura desde el injerto hasta el peciolo de la última hoja. La clorofila, pH, CE y peso seco se tomó de la misma manera explicada anteriormente. Estos patrones fueron cosechados para peso seco tres meses después de ser injertados. Cada planta fue dividida en dos partes: tallos y raíces. Las muestras fueron secadas en un horno (Oven PKN810, Yamato) a 70° C por 144 horas (6 días).

Todos los datos fueron analizados estadísticamente utilizando una prueba de Anova y prueba de diferencia significativa mínima de Fisher (LSD) con un  $P < 0.05$ .

### ***Parámetros abióticos***

Además, durante todo la duración del experimento se tomó la temperatura al sustrato, cada hora, del tratamiento de sustrato control y el tratamiento de sustrato con composta de café a cada hora (Tidbit, Onset HOB0). Se monitoreó la temperatura y humedad relativa dentro del vivero (weather station, Onset) cada hora (Figura 10). Muestras de todos los sustratos fueron enviados al Laboratorio Central Analítico de la Universidad de Puerto Rico para llevar a cabo pruebas químicas de estos.

## Capítulo 4

### Resultados y Discusión

#### *Evaluación de patrones*

##### 4.1 Altura de patrones

Para la altura se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las interacciones de patrón con sustrato y de sustrato con fertilizante. Para las demás interacciones no se presentó diferencias significativas. En la interacción del patrón con sustrato se puede observar que la combinación de Carrizo con Composta es la mejor combinación para altura por demostrar diferencias significativas a todas las demás mezclas con una media de 66.70 cm (Tabla 2). Lo mismo se observó en plantas ornamentales en donde una mezcla de composta + “pine bark” + arena (4:5:1 por volumen) mostraron un tamaño de 1-8 veces más que en sustrato de “peat” solo. Esto ocurrió en las siguientes plantas: *Cordia globosa*, *Monarda punctata*, *Ruelia caroliensis*, *Hamelia patens* var. *glabra*, entre otras (Wilson, 2004). En otro estudio la mezcla de “Farm Yard manure” (FYM) (como fuente alternante de materia orgánica), con suelo y “cocopeat” (1:2:1 por volumen) presentó la mayor altura de las plántulas, mayor número de hojas y área foliar en el Naranja Rugoso (Bhagat, et. al, 2013). En Puerto Rico para el 1931 se recomendaba mezclar estiércol de pesebre bien podrido con el suelo antes de sembrar las semillas de cítricas (Velazco, 1931).

Las combinaciones que le siguen a la media de Carrizo con composta lo fueron Carrizo con “cocopeat” y Swingle con control ya que entre ellos no presentaron diferencias significativas (Tabla 2). El patrón Swingle presentó la mayor altura en el tratamiento control y fue significativamente diferente al tratamiento que contenía arroz. Estos datos indican que se puede obtener resultados aceptables en distintos sustratos dando la oportunidad de escoger un sustrato más económico o accesible al productor para ambos patrones. A diferencia de este experimento Khan (2006), observó que para el cultivo de Limón Rugoso (*Citrus jambhiri* Lush) se presentó mayor altura en el sustrato de turba y arena (1:1) (Khan, 2006).

Al igual que en este experimento, los valores menores en peso seco de tallos y raíces, diámetro y altura en tamarindo (*Dialium guineense* Willd) se presentaron en distintas proporciones de arena de río con cáscaras de arroz (1:1, 1:2, 2:5 y 5:2) comparada con los demás combinaciones de sustratos (Osaigbogo, 2011).

Para la interacción de sustrato y fertilizante se observó que la combinación de arroz + F1 resultó en la mezcla de sustrato con menor altura del patrón (Tabla 2). Cuando observamos cada sustrato individual en ambas cantidades de fertilizante no presentan diferencias significativas entre ellos, excluyendo el sustrato con arroz que muestra la menor altura. Al observar los distintos sustratos, excepto aquel con cáscara de arroz, con los dos niveles de abonamiento no muestran diferencias significativas en la altura. Esto puede indicar que se puede conseguir disminuir los costos de producción usando el nivel más bajo de abonamiento.

Durante esta fase del experimento las plantas Swingle (en todos los tratamientos) fueron afectados por antracnosis (*Colletotrichum gloesporoides*), se redujo el riego a regar cuando el sustrato se encontraba seco y se aumentó el espacio entre las plantas para controlar la enfermedad.

#### **4.2 Diámetro de patrones**

Para el diámetro de patrón (Tabla 1) no se encontró ninguna diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las interacciones. Se observó diferencias entre los patrones, sustratos y cantidad de fertilizante. El patrón con mayor media fue Swingle con 3.80 mm siendo un 11% más ancho significativamente que Carrizo. Plantas en los sustratos control y composta no presentaron diferencias para el diámetro, las medias fueron 3.77 mm y 4.09 mm respectivamente. La cantidad de fertilizante de 8.5 gramos presentó la mayor media con 3.72 mm lo que es un 7% más grueso que el otro nivel de abonamiento.

Dependiendo de las condiciones de grosor de los árboles es la técnica que se debe de utilizar al momento de injertar. Si los árboles son demasiados gruesos se corre el riesgo de que el injerto sea absorbido por el vigor del patrón. Además, una diferencia entre el grosor del patrón e injerto puede evitar un buen contacto con la última zona del cambium. Es por esto que es aconsejable utilizar el tipo de injerto y grosor del patrón más adecuado para las cítricas (Collado, 2014).

Los injertos más utilizados en los cítricos son el de yema de T o enchape lateral con púa, el cual se debe de llevar a cabo cuando el diámetro del tallo del patrón alcanza de 1 – 2 cm (o 10 - 20 mm) (Killmann, et al., 1991). Por esta razón, aunque se obtuvo mayor diámetro significativamente en Swingle que en Carrizo no se podría deducir que el tiempo necesario para injertar fue acortado ya que la media fue de 3.8 mm para Swingle (Tabla 2).

Para los sustratos se podría utilizar el sustrato control o el sustrato con composta ya que fueron los sustratos con mayor grueso y no mostraron diferencias significativas entre ellos. A diferencia de nuestros resultados, para el cultivo de Limón Rugoso, se presentó mayor altura y diámetro en el sustrato de turba y arena (1:1) (Khan, 2006). En otro estudio Abbas et al. (2015), observó para el patrón de Limón Rugoso que la mezcla de arena, arcilla, FYM y composta (1:1:1:1) es una mezcla con potencial para producir plantas de cítricos en bolsas de polietileno. Además en otro estudio la mezcla de (FYM), con suelo y “cocopeat” (1:2:1 por volumen) presentó mayor diámetro del tallo del patrón Naranja Rugoso (Bhagat, et. al, 2013). Esto sugiere que varios patrones tienen mayor crecimiento en el medio control y medios con alguna composta.

Para ambos patrones el sustrato que contenía una tercera parte de cáscara de arroz mostró significativamente menor grosor que los demás tratamientos. Esto nos indica que el uso de cáscara de arroz no es un buen sustrato para producir patrones de buena calidad en el tiempo utilizando en este estudio. De igual manera en un estudio Tsakalimi (2006), también encontró que la incorporación de arroz en una mezcla de “coco peat” (1:1) presentó ser una mezcla de sustrato que disminuyó el diámetro de plantas de *P. Halepensis*. Además Osaigbogo (2011), encontró los valores menores en tamarindo (*Dialium guineense* Willd) en distintas proporciones de arena de río con cáscaras de arroz (1:1, 1:2, 2:5 y 5:2) que en comparación con los demás combinaciones de sustratos (Osaigbovo, 2011).

**Tabla 1. Altura y diámetro por fuentes de variación e interacciones**

<b>Fuentes de variación</b>		
<b>Patrón (P)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>
Swingle	41.16 a	3.8 b
Carrizo	52.46 b	3.38 a
<b>Sustrato (S)</b>		
Arroz	35.80 a	2.86 a
Control	47.96 b	3.77 bc
"Cocopeat"	48.66 b	3.63 b
Composta	54.82 c	4.09 c
<b>Fertilizante (F)</b>		
F1	43.83 a	3.46 a
F2	49.78 b	3.72 b
<b>Interacciones</b>		
P * S	*	NS
P * F	NS	NS
S * F	*	NS
P * S * F	NS	NS

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) de acuerdo con la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher. NS = Prueba de F no significativa a ( $p < 0.05$ ). \* = Prueba de F significativa ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 2. Interacción entre patrón y sustrato e interacción entre patrón y fertilizante para la altura**

<b>Interacciones</b>		
<b>Patrón (P)</b>	<b>Sustrato (S)</b>	<b>Altura (cm)</b>
Swingle	Control	48.99 cd
	"Cocopeat"	41.36 bc
	Composta	42.95 bc
	Arroz	31.33 a
Carrizo	Control	46.93 bc
	"Cocopeat"	55.95 d
	Composta	66.70 e
	Arroz	40.26 b
<b>Fertilizante</b>	<b>Sustrato (S)</b>	
F1	Control	45.33 b
	"Cocopeat"	46.37 b
	Composta	56.73 c
	Arroz	26.90 a
F2	Control	50.58 bc
	"Cocopeat"	50.94 bc
	Composta	52.92 bc
	Arroz	44.69 b

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) de acuerdo con la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher.

### 4.3 Clorofila de patrones

Para la lectura de clorofila no se presentó diferencia en ninguno de las fuentes de variación individual (Tabla 5). Para ambos patrones en los diferentes tratamientos se encontró diferencias ( $p < 0.05$ ) en las interacciones de patrón con sustratos y patrón con fertilizante. Dentro de la interacción de patrón con sustrato el tratamiento de Carrizo con arroz presentó ser el mejor tratamiento para el contenido de clorofila con una media de 69.11 y fue significativamente diferente a Carrizo con Composta, Swingle con arroz y Swingle con "cocopeat" (Tabla 6). Para la interacción de patrón con fertilizante Carrizo con 5.6 gramos de 18-6-12 presentó la mayor media de 65.98 pero solo fue significativamente diferente a Swingle con 5.6 gramos de fertilizante (Tabla 6).

Debe mencionarse que durante el experimento las plantas fueron atacadas por ácaros. Estos se encontraron más concentrados en las hojas más altas de aquellas plantas más altas, las mismas que son utilizadas para tomar la medida de clorofila. Las plantas

cultivadas en el sustrato de arroz fueron las de menor altura. Posiblemente, por el efecto de los ácaros de raspar las hojas al alimentarse de ellas podría ser la razón por la cual se obtuvo una mayor media en la lectura de clorofila de las plantas pertenecientes al tratamiento de arroz.

**Tabla 3. Clorofila de los patrones por fuentes de variación e interacciones**

<b>Fuentes de variación</b>	
<b>Patrón (P)</b>	<b>Clorofila</b>
Swingle	60.73 a
Carrizo	63.89 a
<b>Sustrato (S)</b>	
Arroz	64.63 a
Control	64.22 a
"Cocopeat"	61.51 a
Composta	58.89 a
<b>Fertilizante (F)</b>	
F1	61.9 a
F2	62.72 a
<b>Interacciones</b>	
P * S	*
P * F	*
S * F	NS
P * S * F	NS

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) de acuerdo con la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher. Medias con ausencia de letras no present diferencia mínima significativa de Fisher. NS = Prueba de F no significativa a ( $p < 0.05$ ). \*= Prueba de F significativa ( $p < 0.05$ ).



**Tabla 4. Interacción de patrón y sustrato de patrones en la clorofila.**

<b>Interacciones</b>			
<b>Patrón (P)</b>		<b>Sustrato (S)</b>	<b>Clorofila</b>
	Swingle	Control	61.81 abcd
		"Cocopeat"	58.74 ab
		Composta	62.22 abcd
		Arroz	60.15 abc
	Carrizo	Control	66.64 cd
		"Cocopeat"	64.28 bcd
		Composta	55.55 a
		Arroz	69.11 d
<b>Patrón (P)</b>		<b>Fertilizante (F)</b>	
Swingle		F1	57.83 a
		F2	63.63 b
Carrizo		F1	65.98 b
		F2	61.81 ab

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) de acuerdo con la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher.

#### **4.4 Altura del injerto**

Para la altura del injerto Rhode Red 'Valencia' (tomada desde el injerto hasta el peciolo de la última hoja) se observó en las variables independientes que el sustrato con arroz y una menor cantidad de fertilizante resultó ser los tratamientos menos recomendables para el desarrollo del injerto (Tabla 7). Entre los tratamientos Carrizo presentó mejor media de 24.52 cm para este parámetro (Tabla 7). Para ambos patrones se encontró diferencias ( $p < 0.05$ ) en la interacciones de patrón con fertilizante. La menor media fue Swingle con F1 con 14.66 cm. Entre las demás combinaciones de estos tratamientos no se encontraron diferencias significativas. Estos datos indican que en Carrizo se puede obtener un desarrollo similar en ambas cantidades de fertilizante y en el caso de Swingle solo en la mayor cantidad de fertilizante. Esto puede representar ahorros económicos en abonamiento para Carrizo.

A diferencia de este experimento Davies & Zalman (2001) encontraron que Rhode Red 'Valencia' presentó en el primer año crecimiento similares al ser injertado en Carrizo y Swingle.

**Tabla 5. Altura de injertos de Rhode Red ‘Valencia’ por fuentes de variación e interacciones**

<b>Fuentes de variación</b>	
<b>Patrón (P)</b>	<b>Altura (cm)</b>
Swingle	18.92 a
Carrizo	24.52 b
<b>Sustrato (S)</b>	
Arroz	16.94 a
Control	23.75 b
"Cocopeat"	22.53 b
Composta	23.66 b
<b>Fertilizante (F)</b>	
F1	19.38 a
F2	24.06 b
<b>Interacciones</b>	
P * S	NS
P * F	*
S * F	NS
P * S * F	NS

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) de acuerdo con la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher. NS = Prueba de F no significativa a ( $p < 0.05$ ). \* = Prueba de F significativa ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 6. Interacción de patrón y fertilizante en el crecimiento de los injertos de Rhode Red ‘Valencia’ para la altura**

<b>Interacciones</b>			
<b>Patrón (P)</b>	<b>Fertilizante (F)</b>	<b>Altura (cm)</b>	
Carrizo	F1	24.09	b
	F2	24.94	b
Swingle	F1	14.66	a
	F2	23.19	b

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) de acuerdo con la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher.

#### **4.5 Peso seco raíces y tallos de patrones injertados con Rhode Red ‘Valencia’**

Para ambos pesos secos el sustrato como variable individual mostró diferencias ( $p < 0.05$ ). El sustrato con composta de café presentó ser la mejor para las raíces y para el tallo presentó la mayor media pero no diferencia significativa de “cocopeat” (Tabla 9). Para las demás fuentes de variación individual, patrón y cantidad de fertilizante, no presento diferencias ( $p < 0.05$ ) (Tabla 9).

En el peso seco de las raíces hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la interacción de patrón con sustrato, en las demás interacciones no se observó diferencias (Tabla 10). Las mayores medias se presentaron en Carrizo con Composta (9.01 gramos) y en Swingle con el sustrato control (7.79 gramos). Para Carrizo la composta fue significativamente superior a los demás sustratos. Estos desarrollos radiculares se pueden observar en las figuras 15 y 16. En un estudio de Bravo y Gallardo (1994), estudiaron el crecimiento de volumen de copa de Valencia en trece patrones. Observaron que en los patrones Volkameriano, Troyer y Carrizo la china Valencia presentó un volumen de copa significativamente superior en el segundo año en comparación con los otros patrones.

Se observó un comportamiento similar en el peso seco de los tallos, se observó diferencias ( $p < 0.05$ ) en la interacción de patrón con sustrato. La combinación de Carrizo con composta presentó ser la mejor para el desarrollo de los tallos con una media de 11.54 gramos, siendo significativamente diferente a los demás tratamientos. A este le siguió los tratamientos de Swingle en todos los sustratos menos arroz y Carrizo con “cocopeat”. Los menores pesos de raíces en ambos patrones se encontraron usando arroz como sustrato.

El que no se presentara interacciones con fertilizante como fuente de variación nos indica que se pueden obtener los mismos resultados en cualquier cantidad de fertilizante (Tabla 9). Esto representa un ahorro económico en términos de la compra de fertilizante y las aplicaciones.

Para peso seco de tallos, el sustrato con cáscara de arroz presentó los menores valores en ambos patrones. Posiblemente se deba a que para poder utilizarla como sustrato se tiene que tratar o añadir otros componentes que aporten más nutrientes. Por ejemplo, en un estudio con *Treculia africana* Decne (pana africana) se observó que en cáscara de arroz, gallinasa y arena de río (1:4:3 por volumen) esta presentó mayor altura

y diámetro que otros tratamientos y con estos mismos componentes en proporción 1:2:3 por volumen presentó mayor peso seco (Baiyeri & Mbah, 2006).

“Parboiled fresh rice hulls” (PFH) es arroz que ha sido parcialmente hervido mientras todavía esta cubierta con la cáscara. Evans y Gachukia (2004), estudiaron el efecto de distintas concentraciones de perlita y cáscara de arroz parcialmente hervida (PFH) con turba. A diferencia de esta investigación, observaron que el tomate sembrado en distintas concentraciones de arroz (10%, 15%, 25%, 30% y 35%) con turba presentó mayor peso seco de raíces que aquellos en las mismas proporciones de perlita con turba.

**Tabla 7. Peso seco de raíz y tallos de los patrones injertados con Rhode Red ‘Valencia’ por fuentes de variación e interacciones**

<b>Fuentes de variación</b>		
<b>Patrón (P)</b>	<b>Peso seco raíz (g)</b>	<b>Peso seco tallo (g)</b>
Swingle	6.88 a	8.13 a
Carrizo	6.78 a	8.21 a
<b>Sustrato (S)</b>		
Control	6.8 b	7.33 ab
"Cocopeat"	6.76 b	8.75 bc
Composta	8.16 c	10 c
Arroz	5.62 a	6.6 a
<b>Fertilizante (F)</b>		
F1	6.65 a	7.29 a
F2	7.02 a	8.85 a
<b>Interacciones</b>		
P * S	*	*
P * F	NS	NS
S * F	NS	NS
P * S * F	NS	NS

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) de acuerdo con la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher. Medias con ausencia de letras no present diferencia mínima significativa de Fisher. NS = Prueba de F no significativa a ( $p < 0.05$ ). \*= Prueba de F significativa ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 8. Interacción de patrón y sustrato de los patrones injertados con Rhode Red Valencia en el peso seco de la raíz y tallos.**

<b>Interacciones</b>				
<b>Patrón (P)</b>	<b>Sustrato (S)</b>	<b>Peso Seco Raíz (g)</b>	<b>Peso Seco Tallos (g)</b>	
Swingle	Control	7.79 cd	8.36 ab	
	"Cocopeat"	6.95 bc	9.11 b	
	Composta	7.31 c	8.46 ab	
	Arroz	5.49 a	6.58 a	
Carrizo	Control	5.82 ab	6.29 a	
	"Cocopeat"	6.56 abc	8.39 ab	
	Composta	9.01 d	11.54 c	
	Arroz	5.74 ab	6.63 a	

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) de acuerdo con la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher.



**Figura 7. Sistema radicular de Swingle citrumelo en los distintos tratamientos de sustratos. (A) Control + F1, (B) Control + F2, (C) “Cocopeat” + F1, (D) “Cocopeat” + F2, (E) Composta + F1, (F) Composta + F2, (G) Arroz + F1 y (H) Arroz + F2.**





**Figura 8. Sistema radicular de Carrizo citrange en los distintos tratamientos de sustratos. (A) Control + F1, (B) Control + F2, (C) “Cocopeat” + F1, (D) “Cocopeat” + F2, (E) Composta + F1, (F) Composta + F2, (G) Arroz + F1 y (H) Arroz + F2.**



#### **4.6 Clorofila de Rhode Red ‘Valencia’**

No se observó diferencias ( $p < 0.05$ ) en las fuentes de variación individual ni interacción. Luego de ser injertado los patrones con Rhode Red ‘Valencia’ no se presentó problemas con ácaros en los tallos.

#### ***Parámetros abióticos***

##### **4.7 pH**

A través del método de “pour through” se mantuvieron durante todo el experimento pH sobre 6.2, llegando a un máximo de 7.6 (Figura 16). Según el análisis del Laboratorio Central Analítico el pH del sustrato control, “coco peat”, composta y arroz fue 7.79, 7.34, 7.06 y 7.56 respectivamente. En ambos casos todos los sustratos presentaron un pH más básico de lo deseable para el desarrollo óptimo de plantas de cítricas que debe de mantenerse entre 5.5-6 (Morton, 1987; Molina, 2000).

##### **4.8 CE**

Las sales solubles pueden provenir de la materia orgánica que se encuentra en los sustratos. La sensibilidad de las plantas a las sales solubles varían dependiendo del cultivar. Una manera de medir esta es a través de la conductividad eléctrica a través de método de “pour-through”. Esta medida debe de mantenerse de .20-1.0 dS/m (Mathers, et al, 2007).

Según el método de “pour-through” los sustratos se mantuvieron en un rango de conductividad eléctrica (CE) de 0.5 a 4.5 dS/m. Según el análisis del Laboratorio Central Analítico la conductividad eléctrica del sustrato control, “coco peat”, composta y arroz fueron 0.44 dS/m, 0.71 dS/m, 4.33 dS/m y 0.66 dS/m respectivamente. Para todos los sustratos la conductividad eléctrica esta por encima del rango óptimo para el desarrollo de los cultivos a través del método de pour-through.

**Tabla 9. Medidas de pH de todos los tratamientos de sustrato y cantidad de fertilizante por mes**

	04/15	05/15	06/15	07/15	08/15	09/15	10/15	11/15	12/15	01/16	02/16
CONTROL+F1	7.4	7.4	7.5	7.4	7.4	7.2	7.1	7	7.1	7.1	7
CONTROL+F2	7.4	7.3	7.2	7.4	7.1	7	7	6.9	6.9	6.8	7
"COCOPEAT"+F1	7.3	7.3	7.2	7.2	7.3	6.9	7.2	7.1	7.2	7.3	7.1
"COCOPEAT"+F2	7.3	7	7	7.2	6.8	6.6	6.7	6.3	6.4	6.5	6.8
COMPOSTA+F1	7.5	7.5	7.2	7.4	7.3	6.6	7	6.9	7	7	7
COMPOSTA+F2	7.6	7.5	7.2	7.2	7.3	6.7	7.2	7.1	7.1	7.2	7.1
ARROZ+F1	7.5	7.6	7.3	7.4	7.4	6.8	7.1	6.9	6.9	6.9	7.2
ARROZ+F2	7.5	7.4	7.1	7.1	7.2	7	6.7	6.8	6.7	6.5	6.9

**Tabla 10. Medidas de conductividad eléctrica (dS/m) de todos los tratamientos de sustratos y cantidad de fertilizante por mes**

	04/15	05/15	06/15	07/15	08/15	09/15	10/15	11/15	12/15	01/16	02/16
CONTROL+F1	1.02	1.4	0.8	0.72	1.58	2.03	1.58	2.29	1.89	1.49	1.66
CONTROL+F2	1.06	1.52	1.67	1.45	2.93	2.98	2.3	2.38	2.81	3.24	1.33
"COCOPEAT"+F1	0.81	0.61	0.77	1.2	0.8	1.71	1.6	1.81	1.79	1.75	1.42
"COCOPEAT"+F2	1.13	1.41	0.99	1.4	2.5	2.81	2.2	4.75	3.61	2.48	1.91
COMPOSTA+F1	2.04	1.33	0.79	1.91	2.7	3.83	3.2	1.16	2.75	4.35	2.07
COMPOSTA+F2	1.34	2.35	0.98	2.66	2.92	3.27	1.78	3.13	2.56	2	1.55
ARROZ+F1	0.57	0.63	1.03	0.58	1.05	1.97	1.65	1.43	1.87	2.3	0.98
ARROZ+F2	0.93	0.9	2.87	1.3	1.45	2.45	1.96	2.1	2.33	2.55	1.37

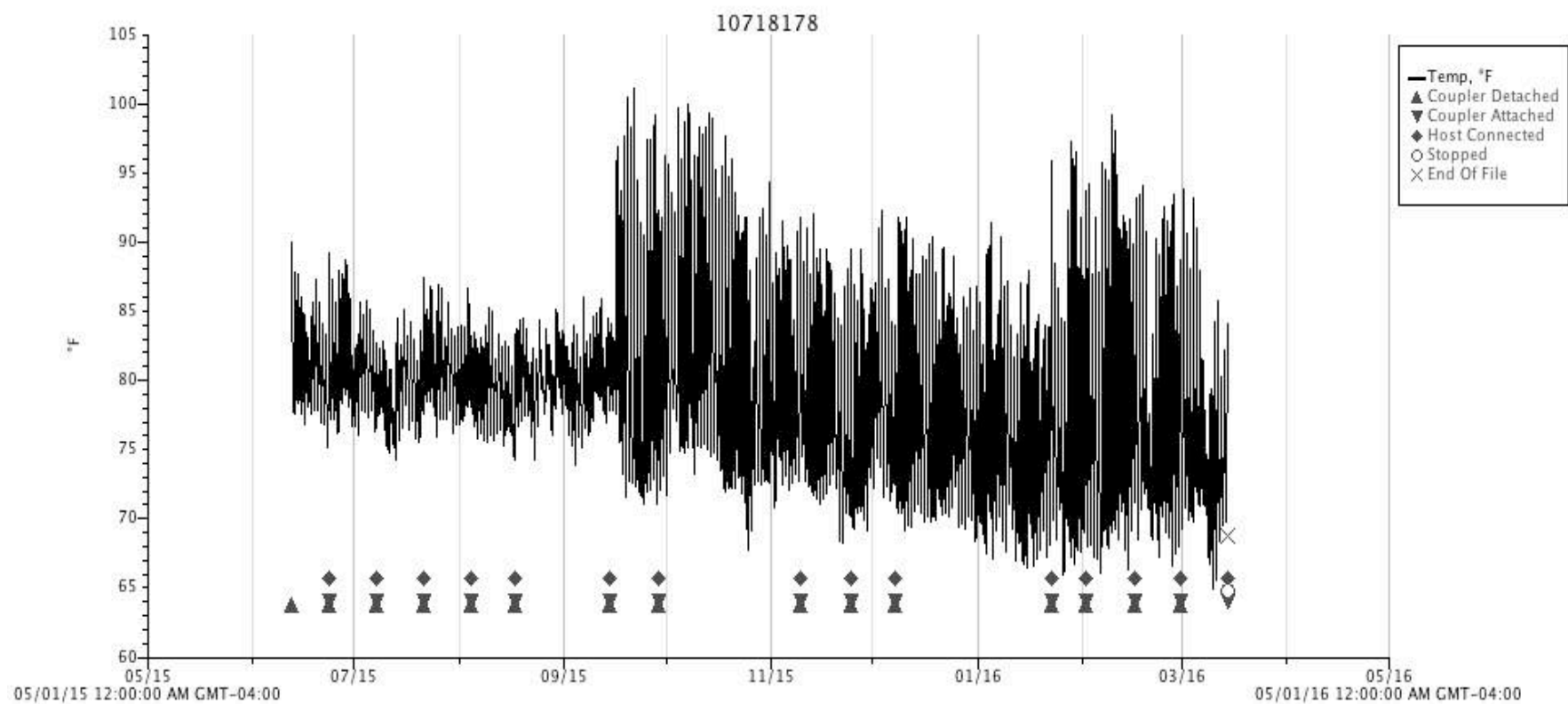
#### **4.9 Temperatura del vivero y sustratos**

Avilan & Rengifo (1987) explican que la presencia o ausencia de pelos absorbentes en las plantas de cítricas dependen de la temperatura, pH y humedad. La temperatura es el factor más importante que influye en el crecimiento radicular.

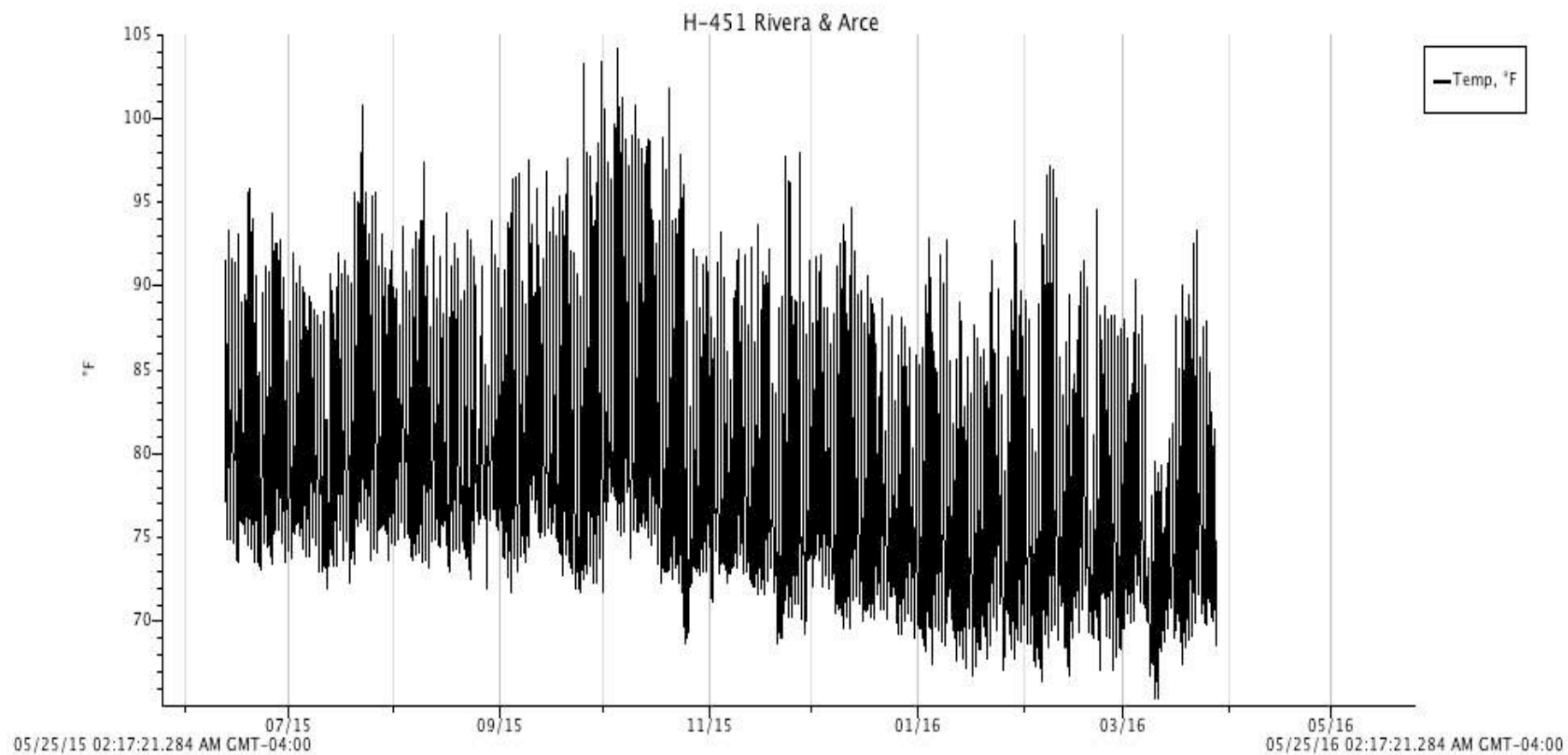
Para el sustrato control comenzó en un rango mínimo de 23.8-35.5°C, luego para Octubre se mantuvo en un rango de 22-38°C y desde Noviembre hasta el final del experimento el rango fue de 36-33°C (Figura 20). Ellos explican que el óptimo desarrollo radicular en cítricas ocurre a una temperatura de 26°C; a una temperatura de más de 40°C las raíces mueren (Avilan & Rengifo, 1987).

La temperatura del vivero 23-35°C desde Julio-Octubre y desde Noviembre al final del experimento el rango se mantuvo de 20-34°C. Para el mes de Octubre alcanzó temperaturas de 40°C (Figura 21). Para un óptimo desarrollo vegetativo se necesita una temperatura de 23-24°C, siendo los máximos 37-40.6°C. De llegar a temperaturas dañinas las hojas comienzan a marchitarse. En lugares sub-tropicales el grosor óptimo para injertar se obtiene en un periodo de 12-15 meses, pero en donde la temperatura es más caliente se puede injertar en 9 meses (Avilan & Rengifo, 1987).

Para ambas temperaturas de sustrato y temperatura del vivero durante el mes de Octubre del 2015 se acercaron o llegaron a temperaturas dañinas al sistema radicular y al área vegetativa. Aunque no se observó marchitez en las hojas, estas altas temperaturas en el sustrato y vivero pudieron afectar alguno de los parámetros observados en el experimento.



**Figura 9. Valores de temperatura del sustrato control**

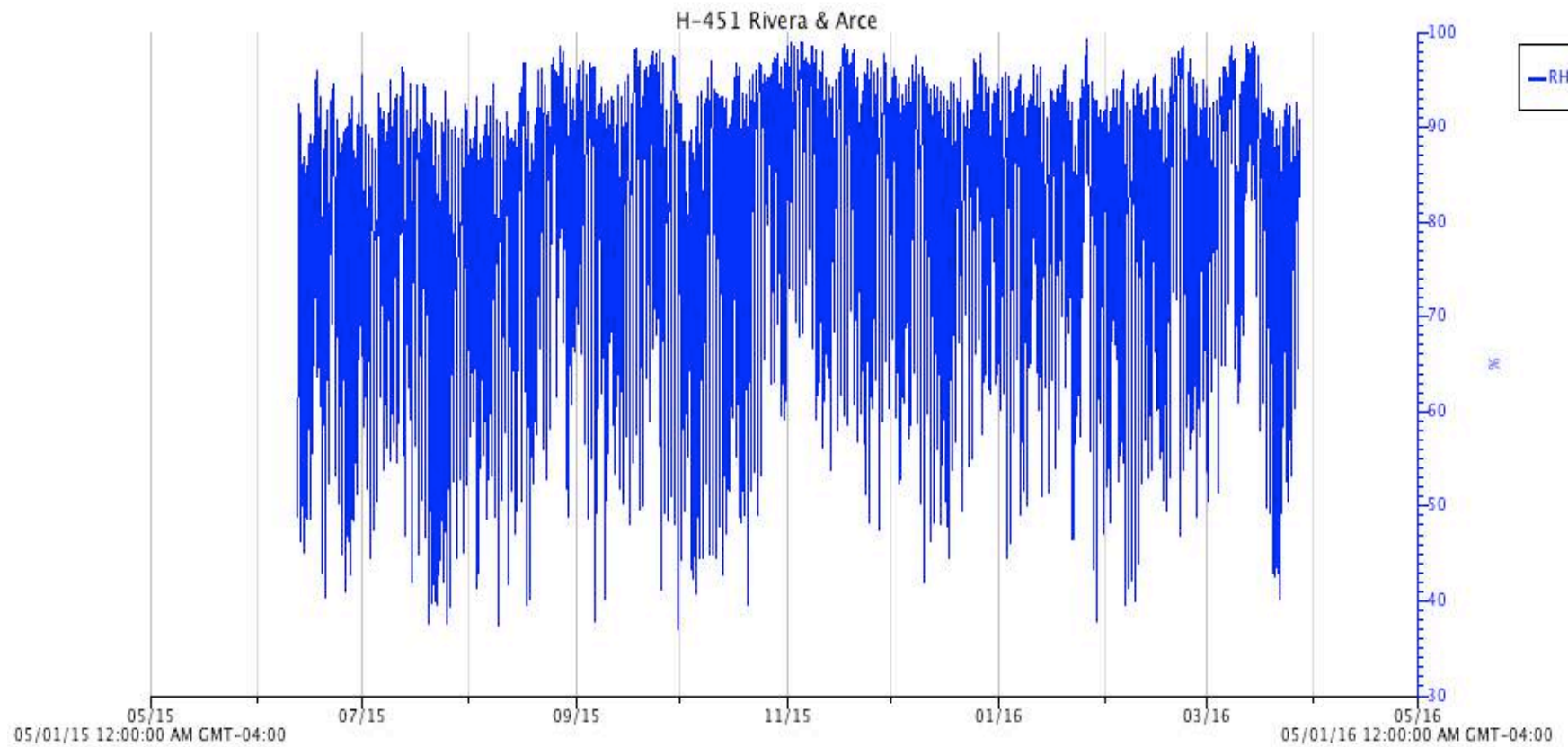


**Figura 10. Valores de temperatura del vivero**

#### **4.10 Humedad relativa del vivero**

La humedad relativa (**HR**) es la cantidad de vapor de agua en el aire expresada en por ciento. Alta humedad relativa (mayor 90%) ayuda a reducir el estrés hídrico en la planta, pero a su vez, presenta un ambiente óptimo para el desarrollo de hongos (Wallar & Duncan).

La HR del vivero se mantuvo en un rango de 40%-100%. La mayoría del tiempo se mantuvo sobre 60% lo cual pudo haber promovido el crecimiento de las plantas. Según “Citrus Liners”, la humedad es importante para el desarrollo de las cítricas. Este cultivo prefiere las condiciones más húmedas posibles.



**Figura 11. Valores de humedad relativa dentro del vivero**

## *Evaluación de costos*

### **4.11 Costos por sustratos**

**Tabla 9. Costos de sustrato por tiesto**

<b>Sustrato</b>	<b>Costo por tiesto</b>
Control	\$0.28
“Cocopeat”	\$0.29
Composta	\$0.24
Arroz	\$0.24

Costos de sustrato por tiesto por Prof. Juan Ortiz López, Economista Agrícola

Según estos datos los sustratos de composta y arroz son los más económicos. El sustrato de “cocopeat” resultó ser el más costoso mientras que entre estos el sustrato control presentó un costo intermedio. El utilizar una tercera parte de un producto local como la composta de café podría representar un ahorro de 4 centavos. Este análisis no incluye los gastos de fertilizante.



## Capítulo 5

### 5.1 Conclusiones

Al comparar los resultados a través de todos los parámetros podemos concluir que para el patrón Carrizo es preferible incorporar una tercera parte de composta en el sustrato. Para Swingle se puede utilizar cualquier sustrato menos aquel que contenía arroz ya que en varios de los parámetros evaluados los distintos sustratos no presentaron diferencias ( $p < 0.05$ ). No se recomienda incorporar cáscara de arroz en un 33% ya que no favoreció el desarrollo de los patrones a través de todo el experimento.

En términos de tratamientos con fertilizante no se observó ninguna diferencia significativa de las interacciones con las otras variables ni como variable individual en varios parámetros. Esto sugiere que no es necesario aplicar una cantidad de fertilizante alta para estos sustratos para obtener un mayor crecimiento de la planta.

Los costos de los sustratos nos indica que la composta es uno de los sustratos más económico por tiesto. Además de que este sustrato presentó en general valores iguales o mejor que el medio control para algunos parámetros evaluados. Estos resultados sugieren que cultivar ambos patrones en composta de café con 5.6 gramos de fertilizante resultará en una reducción de costos al productor de cítricas.

Estos tratamientos no acortaron el tiempo necesario para injertar en un periodo de 6 meses. Posiblemente ajustar el pH de los sustratos, evitar una conductividad eléctrica tan alta de los sustratos y mantener temperaturas más frescas de los sustratos y del vivero podría tener un efecto positivo en el crecimiento de los patrones.

Para futuros trabajos se podría trabajar con distintas proporciones de “coco peat” y composta, además de estudiar el efecto de otros tipos de composta en estos patrones.

## Literatura Citada

- Abad, M., Noguera, P., Puchades, R., Maquieira, A., & Noguera, V. (2002). Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerized ornamental plants. *Bioresource Technology*, 82(3), 241-245.
- Albrecht, U., McCollum, G., & Bowman, K. D. (2012). Influence of rootstock variety on Huanglongbing disease development in field-grown sweet orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) trees. *Scientia Horticulturae*, 138, 210-220.
- Alvarado Ortíz, A. N., Estévez de Jensen, C., Abreu, E., Román, F., & Almodóvar, W. (2010). "Citrus greening" en Puerto Rico: muestreo preliminar. Sociedad Puertorriquena de Ciencias Agrícolas. Memorias de la Reunion Anual, Hato Rey, PR, Nov.13. p 32.
- Avilan, L., & Rengifo, C. (1987). Los cítricos.
- Baiyeri, K. P., & Mbah, B. N. (2006). Effects of soilless and soil-based nursery media on seedling emergence, growth and response to water stress of African breadfruit (*Treculia africana* Decne). *African Journal of Biotechnology*, 5(15).
- Bhagat, S., Thakur, A., & Dhaliwal, H. S. (2013). Organic amendments influence growth, buddability and budding success in rough lemon (*Citrus jambhiri* Lush.). *Biological agriculture & horticulture*, 29(1), 46-57.
- Batool, A., Iftikhar, Y., Mughal, S. M., Khan, M. M., Jaskani, M. J., Abbas, M., & Khan, I. A. (2007). Citrus Greening Disease—A major cause of citrus decline in the world—A Review. *Hort. Sci.(Prague)*, 34(4), 159-166.
- Berjón, M. A., Murra, P. N., García, V. N., & Pérez, M. L. S. Los sustratos para el semillero hortícola. *Compendios de Horticultura*.
- Bilderback, T. E., Warren, S. L., Owen, J. S., & Albano, J. P. (2005). Healthy substrates need physicals too!. *HortTechnology*, 15(4), 747-751.
- Briceño, J., Gudiño, J., & Zorrilla, E. (2008). Sustrato a base de café, estiércol, coco y arena para la germinación de semillas de tomate (*Lycopersicum esculentum*). *Creando*, 81-85.

- Cabrera, R. I. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5(1), 5-11.
- Castle, W. S., & Youtsey, C. O. (1977). Root system characteristics of citrus nursery trees. In *Proc. Fla. State Hort. Soc*, 90, 34-44.
- Castle, W. S., & Ferguson, J. J. (1982). Current status of greenhouse and container production of citrus nursery trees in Florida. *Proceedings of the annual meeting Florida State Horticultural Society*.
- Castle, W. S. (1987). Root system development in field-and container-grown young citrus trees. In *Proc. Fla. State Hort. Soc*, 90, 70-74.
- Collado, J. M. (2014, Feb. 11). "El Injerto De Citricos En Campo." *Tecnicoagricola*. Web. 10 Oct. 2016. <http://www.tecnicoagricola.es/el-injerto-de-citricos-en-campo/>
- Chung, K. R., & Brlansky, R. H. (2005). Citrus diseases exotic to Florida: Huanglongbing (citrus greening). *Plant Pathology Department Fact Sheet PP-210, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida*.
- Citrus Liners. Tree Source Citrus Nursery. Exeter, California.
- Citrus Pages / Blood oranges. (2002, May 02). Retrieved August 14, 2016, from <http://citruspages.free.fr/bloodoranges.html#rhodered>
- Davies, F. S., & Zalman, G. (2008). Fertilization and Growth of Field-grown Citrus Nursery Trees in Florida. *HortTechnology*, 18(1), 29-33.
- de Bravo, I. M., & Gallardo, E. (1994). Comportamiento del naranjo 'Valencia' sobre trece patrones en Lara, Venezuela II. Producción y Calidad de fruta. *Agronomía Tropical*, 44(4), 629-643.
- Ingreso Bruto Agrícola (2013-2014). *Departamento de Agricultura*. Estado Libre Asociado de Puerto Rico.
- Ingreso Bruto Agrícola- (2014). *Departamento de Agricultura. División estadísticas agrícolas*. Estado Libre Asociado de Puerto Rico.
- Escobar, N. E., Delgado, J. M. & Jola, N. R. (2013). Respuesta agronómica de Zea mays L. y Phaseolus vulgaris L. a la fertilización con compost. *Revista. Luna. Azul*, 37, 18-29.

- Evans, M. R., Konduru, S., & Stamps, R. H. (1996). Source variation in physical and chemical properties of coconut coir dust. *HortScience*, *31*(6), 965-967.
- Evans, M. R., & Gachukia, M. (2004). Fresh parboiled rice hulls serve as an alternative to perlite in greenhouse crop substrates. *HortScience*, *39*(2), 232-235.
- Graca, J. D. (1991). Citrus greening disease. *Annual Review of Phytopathology*, *29*(1), 109-136.
- García, O., Alcántar, G., Cabrera, R., Gavi, F., & Volke, V. (2001). Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra*, *19*(3), 249-258.
- Gázquez, J. C., Pérez, C., López, J. C., Soler, A., Cabrera, F., Meca, D., & Agrobio, S. L. (2006). Invernaderos de malla: incidencia de plagas y productividad de un cultivo de tomate. *X Jornadas del grupo de horticultura, Granada*, 2-5.
- Gonçalves, F. P., Stuchi, E. S., da Silva, S. R., Reiff, E. T., & Amorim, L. (2011). Role of healthy nursery plants in orange yield during eight years of Citrus Variegated Chlorosis epidemics. *Scientia Horticulturae*, *129*(2), 343-345.
- Halbert, S. E., & Núñez, C. A. (2004). Distribution of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Rhynchota: Psyllidae) in the Caribbean basin. *Florida Entomologist*, *87*(3), 401-402.
- Hodges, A. W., & Spreen, T. H. (2006). *Economic impacts of citrus greening (HLB) in Florida* (Vol. 11). 2006/7–2010.
- Hoffman, M. T., Doud, M. S., Williams, L., Zhang, M. Q., Ding, F., Stover, E., & Duan, Y. P. (2013). Heat treatment eliminates *Candidatus Liberibacter asiaticus* from infected citrus trees under controlled conditions. *Phytopathology*, *103*(1), 15-22.
- Huallparimachi Suárez, M., Negrón Pérez, E., Román Pérez, F. M., González Vélez, A., & Román, F. (2009). Determinación de tiempo óptimo de cosecha en variedades de naranjas Rhode Red Valencia y Hamlim y su efecto en los parámetros de calidad de jugo. *Tesis de maestría, Departamento de Ciencias Agroambientales. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.*
- Hutchison, D. J. (1974). Swingle citrumelo-a promising rootstock hybrid. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, *87*, 89-91.

- Khan, M. M., Khan, M. A., Abbas, M., Jaskani, M. J., Ali, M. A., & Abbas, H. (2006). Evaluation of potting media for the production of rough lemon nursery stock. *Pakistan Journal of Botany*, 38(3), 623.
- Killmann, W. W., Shaari, W. C., Kikuchi, S., Martin, F. W., L Ruberté, R. M., & Mora, R. (1991). *Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica* (No. 635.0202 K47 1991). Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José (Costa Rica). Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola.
- Traversa, A., Loifredo, E., Palazzo, A. J., Bashore, T. L., & Senesi, N. (2014). Enhancement of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) early growth as affected by composts. *Journal of soil science and plant nutrition*, 14(2), 471-482.
- Tsakalimi, M. (2006). Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) core and rice hulls as components of container media for growing *Pinus halepensis* M. seedlings. *Bioresource technology*, 97(14), 1631-1639.
- Mateus Cagua, D. M., & Ordúz Rodríguez, J. O. (2012). Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia.
- Méndez, J. (2016). Mensaje del Presidente. *Productores de cítricos de la montaña, Inc.* Décimo Cuarta Asamblea Annual.
- Molina, E. (2000). Nutrición y fertilización de la naranja. *Informaciones agronómicas*, 40, 5-13.
- Morton, J. F. (1987). *Fruits of warm climates*. JF Morton.
- Olivo, V. B., & Buduba, C. G. (2006). Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. *Bosque (Valdivia)*, 27(3), 267-271.
- Osaigbovo, A. U., & Nwaoguala, C. N. C. (2011). Growth response of black velvet tamarind (*Dialium guineense* Willd) seedling to different potting media. *Journal of Applied and Natural Science*, 3(2), 166-170.
- Pire, R., & Pereira, A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. *Bioagro*, 15(1), 55-63.
- Pluke, R. W., Qureshi, J. A., & Stansly, P. A. (2008). Citrus flushing patterns, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations and parasitism by *Tamarixia radiata*

- (Hymenoptera: Eulophidae) in Puerto Rico. *Florida Entomologist*, 91(1), 36-42.
- Resolución Conjunta del Senado 186 (2013). 17<sup>ma</sup> Asamblea Legislativa. 1<sup>era</sup> Sesión Ordinaria. *Departamento de Agricultura*. Estado Libre Asociado de Puerto Rico.
- Roka, F. M., Muraro, R. P., & Rouse, R. E. (1998). Economic Impact of the Florida Citrus Nursery Industry. In *Proceedings-Florida State Horticultural Society* (Vol. 111, pp. 166-168). Florida State Horticultural Society
- Román-Pérez, F.M. & González, A. (2000). Mandarina Dancy en cinco patrones: Crecimiento y producción en los primeros cuatro años. *J. Agric. Univ. P.R.* 84 (1-2), 101.
- Román, F., González, A. (2001). Crecimiento, rendimiento y calidad de fruta de la china 'Washington Navel' en cuatro patrones durante los primeros cuatro años de producción. *J. Agrc. Univ.* 85 (3-4), 143-149.
- Román-Pérez, F. M., Gonzalez-Velez, A., Santana, O., & Rodríguez, R. (2009). Performance of chironja (clone 2-4) on five rootstocks after eight years of growth in two zones of Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 93(3/4), 187-193.
- Román Pérez, F. M., González Vélez, A., & Macchiavelli, R. (2011). Producción y calidad de la china 'Hamlin' [*Citrus sinensis* (L.) Osb.] en cuatro patrones en tres localidades de Puerto Rico. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico (Puerto Rico)*. 95(1-2), 25-34.
- Romano, A. S., & Aramayo, D. R. (1995). Sustratos y frecuencias de riego óptimos para el crecimiento de plantas de mandarino Cleopatra (*Citrus reshni* Hort. ex Tan) para porta-injertos. *Agriscientia*, 12.
- Ruter, J. M. & Garber, M. P. (1998) Measuring soluble salts and pH with the pour through method. *The University of Georgia, College of Agriculture and Environmental Science*. Cooperative Extension Service Fact Sheet H-93-0105
- Salazar, C. (1965) El cultivo de frutas de cítricas en Puerto Rico. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. LII (30-61).
- Tiwari, S., R.S. Mann, M.E. Rogers, and L.L. Stelinski. (2011). Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. *Pest Mgt. Sci.* 67, 1258–1268.

- Toplu, C., Kaplankiran, M., Demirkeseer, T. H., & Yildiz, E. (2008). The effects of citrus rootstocks on Valencia Late and Rhode Red Valencia oranges for some plant nutrient elements. *African Journal of Biotechnology*, 7(24).
- Velazco, F. A. (1931). Circular sobre preparación y siembra de semilleros y viveros de citrosas. *Revista de Agricultura de Puerto Rico*. 171-172
- Wallar, J. N. & Duncan, G. A. Greenhouse Humidity Control. *Dept. Agricultural Engineering. University of Kentucky*.
- Williamson, J. G., & Castle, W. S. (1989). A survey of Florida citrus nurseries. In *Proc. Fla. State Hort. Soc* 102, 78-82.
- Wilson, S. B., & Mecca, L. K. (2004). Evaluation of compost as a viable medium amendment for containerized perennial production. In VII International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Production, Pest Management and Global Competition 659 (pp. 697-703).

## Apéndice

### Apéndice 1. Informe de propiedades químicas de los sustratos. Laboratorio Central Analítico, Laboratorio Agrícola y Ambiental. Estación Experimental Agrícola- Río Piedras

Identificación	CONTROL	"COCOPEAT"	COMPOSTA	ARROZ
pH	7.79	7.34	7.06	7.56
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	493.5	710.5	4332	661.6
Materia Orgánica %MO	3.97	9.11	9.63	8.71
Fósforo disponible mgP-PO <sub>4</sub> /Kg	4.8	3	33.8	13.8
Calcio mgCa/Kg	1941	2017	3292	3024
Magnesio mgMg/Kg	529	636	721	366
Potasio mgK/Kg	124	541	3065	344
Sodio mgNa/Kg	115	264	149	127
Aluminio mgA/Kg	ND	ND	ND	ND
CICE meq/100g	14.9	17.9	31	19.6