



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA
AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA COMPOSICIÓN DE SUSTRATO Y
FERTILIZACIÓN DE TOMATE (*Lycopersicon sculentum* Mill) EN
SEMIHIDROPONÍA”**

AUTOR: ACOSTA VILLAFUERTE, JOHN SEBASTIÁN

DIRECTOR: Ing. LANDÁZURI ABARCA, PABLO ANÍBAL

SANGOLQUÍ

2019



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

i


DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA COMPOSICIÓN DE SUSTRATO Y FERTILIZACIÓN DE TOMATE (*Lycopersicum sculentum* Mill) EN SEMIHIDROPONÍA*”** fue realizado por el señor ***Acosta Villafuerte, John Sebastián*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 19 de diciembre del 2019

Firma:


Ing. Landázuri Abarca Pablo Aníbal

C. C.1708262348



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Acosta Villafuerte, John Sebastián*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *Evaluación del efecto de la composición de sustrato y fertilización de tomate (*Lycopersicon sculentum mill*) en semihidroponía* es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas. Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 19 de diciembre del 2019

Firma:


Acosta Villafuerte John Sebastián

C.C.: 1726022427



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

*Yo, Acosta Villafuerte, John Sebastián autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación **Evaluación del efecto de la composición de sustrato y fertilización de tomate (*Lycopersicum sculentum mill*) en semihidroponía en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.***

Sangolquí, 19 de diciembre del 2019

Firma:

Acosta Villafuerte John Sebastián

C.C.: 1726022427

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mi madre, Mónica Villafuerte quien a pesar de las adversidades siempre apoyo mi esfuerzo y me ha permitido alcanzar una meta muy importante, gracias a los valores que me ha inculcado.

A mis hermanos Francis, Bryan, Katherine y Alan quienes han estado siempre compartiendo los logros y los sacrificios, con ellos hemos soñado el alcanzar metas grandes y así lo estamos cumpliendo.

Finalmente, a todos mis amigos, personas que he conocido en la universidad y me han apoyado en momentos difíciles y en momentos de alegría todos compartiendo el anhelo de llegar a ser profesionales de excelencia.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a la vida, quien me ha llevado por los caminos del conocimiento y el aprendizaje.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE institución que me acogió por varios años brindándome los conocimientos, medios y materiales para formarme como un profesional responsable, a todo el personal que conforma el IASA I en especial a los profesores quienes de buena manera me han compartido sus conocimientos.

Agradezco al Ing. Pablo Aníbal Landázuri por todo el tiempo que dedicó para que el trabajo de titulación saliera de la mejor manera posible, gracias a su esfuerzo tiempo y dedicación todo esto fue posible.

ÍNDICE DE CONTENIDOS**CARÁTULA****CERTIFICACIÓNi****AUTORÍA DE RESPONSABILIDADii****AUTORIZACIÓNiii****DEDICATORIAiv****AGRADECIMIENTOSv****ÍNDICE DE CONTENIDOSvi****ÍNDICE DE TABLASx****ÍNDICE DE FIGURASxiii****RESUMENxiv****ABSTRACTxv****CAPÍTULO I****INTRODUCCIÓN**

1.1 Antecedentes 1

1.2 Justificación..... 2

1.3 Planteamiento del problema 3

1.4 Objetivos 3

1.4.1 Objetivo General 3

1.4.2 Objetivos específicos..... 4

1.5 Hipótesis 4

CAPÍTULO II**REVISIÓN DE LITERATURA**

2.1 Origen y generalidades del cultivo 5

2.2 Taxonomía, clasificación Botánica 5

2.3 Requerimientos climáticos 6

2.4 Labores culturales..... 6

2.5 Semi Hidroponía..... 7

2.6 Sustrato 7

2.7 Solución nutritiva 8

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1	Ubicación del lugar de investigación	10
3.1.1	Fase de campo y laboratorio.....	10
3.1.2	Ubicación geográfica.....	10
3.1.3	Ubicación ecológica	10
3.1.4	Condiciones del invernadero	10
3.2	Metodología.....	11
3.2.1	Análisis físico químico de los sustratos	11
3.2.1.1	Conductividad eléctrica y pH.....	11
3.2.1.2	Densidad aparente	11
3.2.1.3	Porosidad total.....	11
3.2.1.4	Capacidad de retención de humedad	11
3.2.1.5	Granulometría.....	12
3.2.2	Preparación de sustratos	12
3.2.3	Trasplante	13
3.2.4	Fertilización.....	13
3.2.5	Riego	16
3.2.6	Labores culturales.....	16
3.2.7	Cosecha	16
3.2.8	Análisis de laboratorio.....	16
3.2.8.1	Determinación de nitrógeno	16
3.2.8.2	Análisis del contenido de nutrientes en la hoja del tomate riñón.	17
3.2.8.3	Medición de clorofilas.....	17
3.2.9	Diseño experimental.....	18
3.2.9.1	Factores a probar	18
3.2.9.2	Tratamientos	19
3.2.9.3	Tipo de diseño experimental	19
3.2.9.4	Repeticiones o bloques	19
3.2.9.5	Características de las unidades experimentales.....	19
3.2.9.6	Croquis experimental	20

3.2.9.7 Análisis estadístico	viii
3.2.9.7 Análisis estadístico	20
3.2.9.8 Coeficiente de variación	20
3.2.9.9 Análisis funcional.....	20

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados	21
4.1.1 Análisis de los sustratos	21
4.1.2 Variables de producción.....	22
4.1.2.1 Producción.....	22
4.1.2.2 Peso del fruto.....	24
4.1.2.3 Diámetro del fruto	25
4.1.2.4 Espesor del pericarpio	25
4.1.2.5 °Brix	26
4.1.2.6 Altura del fruto	26
4.1.3 Variables fisiológicas	27
4.1.3.1 Clorofila.....	29
4.1.3.2 Número de flores primer piso.....	29
4.1.3.3 Altura de la planta (cm).....	30
4.1.4 Variables nutricionales	30
4.1.4.1 Nitrógeno.....	32
4.1.4.2 Fosforo.....	33
4.1.4.3 Potasio	33
4.1.4.4 Magnesio	34
4.1.4.5 Hierro.....	34
4.1.4.6 Manganeso.....	35
4.1.4.7 Calcio.....	35
4.2 Discusión.....	36

CAPÍTULO V**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones	39
5.2	Recomendaciones	39
5.3	Bibliografía.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Requerimientos climáticos para el cultivo de tomate descritos por Escalona et al., 2009.</i>	6
Tabla 2	<i>Fertilización recomendada en ppm para cultivo de tomate en hidroponía establecido en Florida (Estados Unidos).</i>	13
Tabla 3	<i>Programa de fertilización para el cultivo de tomate en hidroponía basado en requerimientos establecidos Hochmuth & Hochmuth 2012.</i>	14
Tabla 4	<i>Fertilización recomendada en ppm para cultivo de tomate en hidroponía establecido en Arizona (Estados Unidos).</i>	15
Tabla 5	<i>Programa de fertilización para el cultivo de tomate en hidroponía basado en requerimientos establecidos Mattson & Peters 2014.</i>	15
Tabla 6	<i>Descripción del factor sustrato y su simbología.</i>	18
Tabla 7	<i>Descripción del factor plan de fertilización y su simbología.</i>	18
Tabla 8	<i>Descripción de los tratamientos.</i>	19
Tabla 9	<i>Promedio de la densidad aparente, potencial hidrogeno, conductividad eléctrica, porosidad total, capacidad de retención de humedad y granulometría para cuatro diferentes sustratos.</i>	21
Tabla 10	<i>Promedio ± error estándar de la producción en tomate riñón (Lycopersicum sculentum Mill) cultivado en 4 sustratos con dos soluciones nutritivas.</i>	22
Tabla 11	<i>Nivel de significancia para, peso del fruto, diámetro del fruto, espesor del pericarpio altura del fruto y °Brix en producción de tomate riñón (Lycopersicum sculentum Mill) cosechados a los 90 días después del trasplante.</i>	23
Tabla 12	<i>Promedio de peso del fruto, diámetro del fruto, espesor del pericarpio y °Brix en producción de tomate riñón (Lycopersicum sculentum Mill) cosechados a los 90 días después del trasplante.</i>	23
Tabla 13	<i>Nivel de significancia para el promedio de peso del fruto, diámetro del fruto, espesor del pericarpio altura del fruto y °Brix en producción de tomate riñón (Lycopersicum sculentum Mill) cosechados a los 115 días después del trasplante.</i>	24

Tabla 14 <i>Promedio \pm error estándar del peso del fruto, diámetro del fruto, espesor del pericarpio y °Brix en producción de tomate riñón (<i>Lycopersicum sculentum</i> Mill) cosechados a los 115 días después del trasplante.....</i>	24
Tabla 15 <i>Promedio \pm error estándar de la altura de fruto cosechados a los 90 y 115 días después del trasplante, en producción de tomate riñón (<i>Lycopersicum sculentum</i> Mill) cosechados a los 115 días después del trasplante.....</i>	26
Tabla 16 <i>Nivel de significancia de la altura de planta a los 80 días, número de flores en el primer piso, de la concentración de Clorofila α, Clorofila β y Clorofila total en tomate riñón (<i>Lycopersicum sculentum</i> Mill) cultivado en 4 sustratos y dos tipos de fertilización.....</i>	27
Tabla 17 <i>Promedio \pm error estándar del número de flores en el primer piso, de la concentración de Clorofila α, Clorofila β y Clorofila total en tomate riñón (<i>Lycopersicum sculentum</i> Mill) cultivado en 4 sustratos y dos tipos de fertilización... ..</i>	28
Tabla 18 <i>Promedio \pm error estándar de la altura de planta en producción de tomate riñón (<i>Lycopersicum sculentum</i> Mill) medida a los 80 días después del trasplante.....</i>	30
Tabla 19 <i>Nivel de significancia de la concentración de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro y Manganeso en tomate riñón (<i>Lycopersicum sculentum</i> Mill), cultivado en cuatro tipos de sustratos con dos fertilizaciones tomado a los 90 días después del trasplante.....</i>	30
Tabla 20 <i>Promedio \pm error estándar de la concentración de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Hierro y Manganeso en tomate riñón (<i>Lycopersicum sculentum</i> Mill), cultivado en cuatro tipos de sustratos con dos fertilizaciones tomado a los 90 días después del trasplante.....</i>	31
Tabla 21 <i>Nivel de significancia de la concentración de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro y Manganeso en tomate riñón (<i>Lycopersicum sculentum</i> Mill), cultivado en cuatro tipos de sustratos con dos fertilizaciones tomado a los 120 días después del trasplante.....</i>	31
Tabla 22 <i>Promedio \pm error estándar de la concentración de Nitrógeno, Potasio, Magnesio, Hierro y Manganeso en tomate riñón (<i>Lycopersicum sculentum</i> Mill), cultivado en cuatro tipos de sustratos con dos fertilizaciones tomado a los 120 días después del trasplante.....</i>	32

Tabla 23 <i>Promedio \pm error estándar de la concentración de Potasio tomado a los 120 días después del trasplante y calcio muestreado a los 90 días y 120 días después del trasplante en tomate riñón (<i>Lycopersicum sculentum</i> Mill), cultivado en cuatro tipos de sustratos con dos fertilizaciones.</i>	35
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Distribución del experimento en el campo	20
<i>Figura 2</i> Concentración de Clorofila α , Clorofila β y Clorofila total en tomate riñón (<i>Lycopersicum sculentum</i> Mill) cultivado en 4 sustratos y dos tipos de fertilización medidas en $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$	29

RESUMEN

En la presente investigación se determinó el uso de cuatro diferentes tipos de sustrato: cascarilla de arroz, cascajo, tierra negra y mezcla (1:1:1) cascajo, cascarilla y tierra negra, con dos tipos de fertilización: Mattson & Peters y Hochmuth & Hochmuth en el cultivo semi-hidropónico de tomate riñón, como alternativa al uso de sustratos empleados en el cultivo de tomate, el experimento se realizó en la Hacienda El Prado del IASA I. Se evaluaron ocho tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño completamente al azar (DCA) siendo 32 unidades experimentales las que se evaluaron. Se analizaron variables productivas, de calidad y nutricionales. Siendo la mezcla (1:1:1) cascajo, cascarilla y tierra negra 89.16 Mg.Ha^{-1} y la fertilización propuesta por Hochmuth & Hochmuth 81.16 Mg.Ha^{-1} el sustrato y la fertilización que mostraron mejores rendimientos. Los mejores resultados para las variables de calidad: diámetro del fruto 63.25 mm y espesor del pericarpio 5.85 mm se obtuvieron con el tratamiento ocho T8= (1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra y cascajo + Mattson y Peters, mientras que el tratamiento seis T6= (tierra negra + Mattson y Peters) mostró una mayor cantidad de 6.33 grados brix. Para las variables nutricionales los tratamientos que mostraron mejores resultados fueron: el tratamiento uno T1 = (cascarilla de arroz + Hochmuth y Hochmuth) $\text{N} = 46.18 \text{ g.Kg}^{-1}$; $\text{K} = 43.20 \text{ g.Kg}^{-1}$; $\text{Mn} = 100.83 \text{ mg.Kg}^{-1}$, y el tratamiento cinco T5=(tierra negra + Hochmuth y Hochmuth) $\text{P} = 7.13 \text{ g.Kg}^{-1}$; $\text{Mg} = 6.55 \text{ mg.Kg}^{-1}$.

PALABRAS CLAVES:

- **SUSTRATO**
- **SEMI-HIDROPONÍA**
- **GRADOS BRIX**
- **PERICARPIO**

ABSTRACT

In the present investigation, the use of four different types of substrate was determined: rice husk, gravel, black soil and mixture (1: 1: 1) gravel, husk and black soil, with two types of fertilization: Mattson & Peters and Hochmuth & Hochmuth in the semi-hydroponic cultivation of kidney tomatoes, as an alternative to the use of substrates used in the cultivation of tomatoes, the experiment was carried out at the Hacienda El Prado of IASA I. Eight treatments with four repetitions were evaluated in a completely designed design. chance (DCA) with 32 experimental units being evaluated. Productive, quality and nutritional variables were analyzed. The mixture (1: 1: 1) being gravel, husk and black soil 89.16 Mg.Ha-1 and the fertilization proposed by Hochmuth & Hochmuth 81.16 Mg.Ha-1 the substrate and fertilization that showed better yields. The best results for the quality variables: fruit diameter 63.25 mm and thickness of the pericarp 5.85 mm were obtained with the treatment eight T8 = (1: 1: 1) rice husk, black earth and gravel + Mattson and Peters, while treatment six T6 = (black earth + Mattson and Peters) showed a greater amount of 6.33 brix degrees. For the nutritional variables the treatments that showed the best results were: treatment one T1 = (rice husk + Hochmuth and Hochmunth) N = 46.18 g.Kg-1; K = 43.20 g.Kg-1; Mn = 100.83 mg.Kg-1, and treatment five T5 = (black earth + Hochmuth and Hochmunth) P = 7.13 g.Kg-1; Mg = 6.55 mg.Kg-1

KEYWORDS:

- SUBSTRATE
- SEMI-HYDROPONIA
- DEGREESE BRUX
- PERICARPIO

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El tomate (*Lycopersicon sculentum*) es un vegetal de alta demanda a nivel nacional y mundial por sus propiedades nutricionales, bajo en calorías, fuente de licopeno, vitamina A y C además de su uso en la agroindustria; por lo cual es considerado un alimento esencial en la dieta de las personas en todo el mundo. Su producción es intensiva y se cultiva en diferentes zonas climáticas (Escalona, Alvatado, Monardes, Urbina, & Martin, 2009).

El cultivo de tomate es susceptible a problemas nutricionales específicamente a nivel de invernadero, ya que sus requerimientos nutricionales son exigentes para alcanzar una producción adecuada y buena calidad del fruto (Pérez, Hurtado, Aparecido, Argueta, & Larín, 2003).

Como respuesta a los problemas nutricionales en el cultivo, se implementan nuevas tecnologías de desarrollo de la planta para generar altos rendimientos y cumplir con la demanda del mercado, la hidroponía y el cultivo en sustratos especializados es una de las alternativas ya que permiten un mejor control del crecimiento de la planta debido a la fertilización controlada (Beltrano & Gimenez, 2015).

Existen investigaciones referentes a la producción de tomate riñón, específicamente la evaluación de sustratos como fibra de coco, mezcla de aserrín composta y tezontle (Ortega Martínez, Ocampo Mendoza, Sandoval Castro, & Pérez Armendáriz, 2017), losas de lana de roca, perlita, arcilla expandida, fibra de coco y turba (Dobričević, Voća, & Novak, 2008), así como el empleo de sustratos nativos, picón de origen volcánico, para el cultivo de tomate hidropónico, estos estudios muestran la relación entre la absorción de macronutrientes, la calidad y productividad del fruto (Pérez, Santos, Rios, Cruz, & Trijillo, 2008).

Para un adecuado sistema de hidroponía sin recirculación de agua la cantidad de sustrato que se emplea es importante, por ello se han realizado investigaciones para evaluar volúmenes de sustrato y densidad de plantas (Sánchez, Moreno, Morales, Peña, & Colinas, 2012) así como el efecto de tamaños de lechos, cultivares y sustratos en el rendimiento y la calidad de la fruta del tomate (Luitel, Adhikari, Yoon, & Kang, 2012).

Un aspecto muy importante es el uso de diferentes soluciones nutritivas en los sistemas hidropónicos debido a que los tiempos de riego, volumen de agua y concentración de nutrientes, producen cambio de pH y la conductividad eléctrica en los sustratos (Herrero, Blázquez, & Cristóbal, 2014). El crecimiento vegetal y la absorción de nutrientes se encuentran estrechamente relacionados con la concentración de la solución nutritiva que se emplea (Canovas & Díaz, 1993), así en cultivos hidropónicos se puede evaluar con precisión el efecto de diferentes niveles de micronutrientes usados en la solución nutritiva y su efecto en la productividad (Mohammad, Hossein, Hamid, & Abolfazl, 2012).

1.2 Justificación

En el Ecuador el cultivo de tomate riñón, también conocido como tomate de mesa se lo considera un cultivo transitorio de fruta fresca. Para el 2014 ocupa un total de 1834 hectáreas de cultivo, con una producción total de 55551 toneladas métricas (Tm) suficiente para abastecer el consumo interno de este producto (INEC, 2014).

La producción es para consumo local sin embargo se enfrenta a muchos problemas como: plagas, enfermedades y principalmente problemas nutricionales, por la escasez de conocimiento técnico del cultivo y la carencia de análisis correspondientes para la adecuada fertilización en todas las etapas desde el desarrollo, hasta el fruto, lo que afecta en los parámetros productivos del cultivo (FAO, 2002).

Siendo el tomate un importante rubro a nivel nacional por su sustentabilidad (con un buen manejo y aplicación de buenas prácticas agrícolas) se necesita elaborar un plan nutricional adecuado implementando nuevas tecnologías de cultivo para elevar el costo beneficio de la producción, rendimientos más altos y una mejor calidad del producto (Berrios, M.; Arredondo, C.; Tjalling, H. , 2007).

1.3 Planteamiento del problema

La salinidad, valores de pH muy ácidos o muy básicos y los desbalances catiónicos en el suelo limitan la absorción de macro y micronutrientes en los cultivos de tomate riñón (Mohammad, Hossein, Hamid, & Abolfazl, 2012), afectando al desarrollo vegetativo de la planta, a la productividad y calidad fruto, reflejándose como pérdidas económicas para los agricultores. Los productores de tomate riñón desaprovechan el potencial genético y productivo de sus plantaciones, por el mal manejo, principalmente de los fertilizantes y soluciones nutritivas, causando salinización, desbalances catiónicos y cambios de pH en los suelos, provocando pérdidas en el rendimiento, mala calidad y baja productividad.

La falta de técnicas adecuadas en la fertilización, el deficiente diagnóstico nutricional y fitosanitario durante el desarrollo del cultivo, interfieren negativamente en los parámetros de producción y calidad del tomate riñón.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la composición de sustrato y fertilización sobre la productividad y la calidad del tomate cultivado en un sistema semi hidropónico.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el desarrollo, rendimiento y calidad de tomate semi hidropónico cultivado en tres tipos de sustrato.
- Analizar el efecto de dos soluciones nutritivas sobre el rendimiento y calidad del fruto.

1.5 Hipótesis

H0: La composición del sustrato y la fertilización no afectan el rendimiento y la calidad de tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill).

H1: La composición del sustrato y la fertilización afectan el rendimiento y la calidad de tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen y generalidades del cultivo

El cultivo de tomate se originó con origen en América, en la zona Andina de Sur América en los países de Ecuador y Perú; se extendió por el resto del continente y el mundo desde el siglo XVI hasta la actualidad, el cultivo ha sido mejorado desde su descubrimiento y ha permitido crear productos derivados de sus variedades en la agroindustria mundial (Rodríguez, Alcántar, Aguilar, Etchevers, & Santizó, 1998).

El tomate, jitomate o tomate riñón (*Lycopersicon sculentum* Mill) es un vegetal fotosintético C3 (Gil, 1995) de alta demanda a nivel nacional y mundial por sus propiedades nutricionales, bajo en calorías, fuente de licopeno, vitamina A y C además de su uso en la agroindustria; por lo cual es considerado un alimento esencial en la dieta de las personas en todo el globo. Su industria se encuentra distribuida a nivel mundial y se cultiva en diferentes zonas climáticas (Molina & Córdova, 2006).

2.2 Taxonomía, clasificación Botánica

El tomate de riñón pertenece a la familia *Solanácea*, al género *Solanum*, al Subgenero *licopersicon* a la especie *Lycopersicon sculentum* Mill (Arcy, 1979). El tomate es una planta herbácea, autógama que puede llegar a medir 2 m de altura, posee un sistema radicular de hasta 2 m de profundidad, las hojas del tomate riñón son compuestas imparipinnadas, “la planta posee flores color amarillo en cimas escorpioideas racemiformes simples, estas flores dan origen a frutos en forma de baya roja piriforme mayores a 2 cm de diámetro, en el fruto encontramos numerosas semillas aplanadas con forma de disco y grises” (Escalona, Alvarado, Monardes, Urbina, & Martin, 2009).

2.3 Requerimientos climáticos

El cultivo de tomate se puede producir en diferentes condiciones de clima y suelo, tanto en invernadero como al aire libre, los climas secos con temperaturas moderadas son las óptimas para este cultivo (Klapwijk, 1986).

El tomate es una especie de estación cálida, tolerante al calor y a la sequía, muy sensible a heladas y cambios bruscos de temperatura. (Esquinas & Nuez, 1995). Los rangos en los cuales los requerimientos climáticos se encuentran para la producción del vegetal se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1
Requerimientos climáticos para el cultivo de tomate descritos por Escalona et al., 2009

Tipo	Valor
Humedad relativa	60% a 80%
Temperatura media mensual	21°C a 24°C
Temperatura nocturna para el desarrollo	13°C a 16°C
Foto período	Planta de día neutro
Altitud	0 a 2800 m.s.n.m.
Luz	Alta

2.4 Labores culturales

La demanda de la hortaliza aumenta de manera continua, con ella su comercialización y producción, sin embargo este crecimiento no obedece al aumento en la superficie cultivada si no en su incremento en la producción mediante el manejo de nuevas tecnologías, bajo condiciones controladas dentro de invernaderos como son los factores ambientales climáticos; y recursos naturales agua, suelo y fertilizantes; acompañado de un manejo adecuado del cultivo (Rutledge, 1998).

El cultivo bajo invernadero puede realizarse sobre suelo o sustrato para el desarrollo de las plantas, la hidroponía método en el cual la planta se alimenta de soluciones de macro y

micronutrientes disueltas en agua y no de la tierra es el método más utilizado a nivel mundial y que mejor rendimiento ofrece. Se evidencia mejores resultados productivos en sistemas hidropónicos, por el control que se tiene en la fertilización en cada una de las etapas de crecimiento del vegetal (Marulanda & Izquierdo, 2003).

2.5 Semi Hidroponía

La semi hidroponía es el cultivo de plantas en sustratos mixtos, que combina sustratos, materia orgánica y fertilización controlada. Combina las mejores características de los cultivos tradicionales y los cultivos hidropónicos (Resh, 2001). La semi hidroponía utiliza el sustrato para darle soporte a la planta y para colocar en el la solución nutritiva necesaria para el óptimo desarrollo de la planta (Castro, 2017).

Entre las ventajas que encontramos en sistemas semi hidropónicos está el mejor control de plagas y enfermedades, la optimización de espacio por mayores densidades en la plantación, mejor calidad del producto y mejores rendimientos (Otuna, 2012).

2.6 Sustrato

El sustrato es el elemento sólido distinto del suelo, que colocado en un contenedor sirve para fijar las raíces de la planta brindándole soporte estructural, facilita la absorción de elementos disueltos en agua que varían de acuerdo a las necesidades de un cultivo y su etapa de desarrollo (Urrestarazo, 2004).

Si se conoce las características fisicoquímicas de un sustrato, se puede saber si será bueno o no para ser usado. Un buen sustrato debe ser capaz de retener agua y facilitarla a la planta, debe tener una adecuada aireación gracias a un buen tamaño de partícula, una baja densidad aparente y una estructura estable que no se comprima. Dentro de las características químicas deseables en un sustrato tenemos: pH moderadamente ácido, con capacidad tampón, mínima velocidad de

descomposición, reducida salinidad, baja capacidad de intercambio catiónico (Basheer & Agrawal, 2013).

Para el cultivo de tomate los sustratos más utilizados son los sólidos minerales de alta porosidad como: arena de río y cascajo también se emplea derivados de residuos agroindustriales como la fibra de coco, cascarilla de arroz, cascajo entre otros que permiten establecer un medio que simula características de textura, estructura, capacidad de intercambio catiónico, capilaridad, porosidad. El sustrato debe ser económico y altamente disponible para ello se busca utilizar sustratos presentes en la zona cercana al cultivo (Abad, 1993).

El volumen de sustrato en el cual se desarrolla la planta influye a favor del crecimiento de la misma, de acuerdo a las necesidades de cada cultivo, la utilización de recipientes hechos de diferentes tamaños influye en el proceso de desarrollo de la raíz y en la absorción de nutrientes, así como en el tiempo de desarrollo, temperatura, tiempo de riego, conductividad eléctrica, las fundas plásticas de 30cm x 30 cm las más utilizadas para el cultivo de tomate riñón semi hidropónico (Bauerle, 1984).

2.7 Solución nutritiva

La solución nutritiva provee a la planta de agua y elementos en forma de iones necesarios para un óptimo desarrollo y producción del cultivo, una buena solución nutritiva debe tener todos los macro y micronutrientes de manera balanceada. El pH de la solución debe ser ligeramente ácido entre 5.5 y 6.5 para que exista una adecuada absorción de los nutrientes (Lara, 1999). Otro factor importante para la absorción de nutrientes es la conductividad eléctrica, la cual debe estar entre 1.8 y 2.3 dS.m⁻¹ para cultivos hidropónicos en general (Carrasco & Ramirez, 2007) existe una relación directa entre el contenido de nutrientes y la conductividad eléctrica a una mayor conductividad eléctrica la planta debe emplear mayor energía en la absorción de nutrientes (Asher & Edwards,

1983). La conductividad eléctrica en sistemas recirculantes tiende al aumento debido a la acumulación de nutrientes que la planta no ha absorbido, una solución para esto es reemplazar la solución nutritiva cada cierto tiempo o utilizar sistemas de hidroponía abierta (Sánchez, y otros, 2014).

Es importante tener en cuenta que existe una relación específica entre los tres nutrientes principales de la planta nitrógeno fosforo y potasio, para que la planta obtenga su mejor desarrollo, esta relación es específica para cada especie (Robredo, Quiroga, & Echazú, 2017). No existe una solución nutritiva única para las plantas, sin embargo, autores como Hoagland han sido utilizadas ampliamente consideradas útiles, por ello es importante elegir la solución nutritiva que se adapte mejor al cultivo (Juarez, y otros, 2006).

La temperatura de la solución nutritiva influye en la absorción de la planta, una temperatura óptima se encuentra a los 22°C, a medida que la temperatura disminuye también disminuye la absorción y asimilación de nutrientes (Cornillon, 1988). Existe una relación directa entre la capacidad de oxígeno absorbido por la planta e inversa con la cantidad de oxígeno contenida en la solución. Con temperaturas a mayores a los 22°C aumenta la difusión de gas y por ello el consumo de oxígeno, este proceso evidencia un incremento en el crecimiento vegetativo en una magnitud mayor que la deseable y disminuye la fructificación (Graves, 1983).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del lugar de investigación

3.1.1 Fase de campo y laboratorio

La fase de campo se instaló en el invernadero de horticultura de la Hacienda El Prado, provincia de Pichincha en el cantón Rumiñahui en la parroquia San Fernando. Para los análisis de laboratorio se utilizaron las instalaciones y equipos de la Carrera Ingeniería Agropecuarias de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

3.1.2 Ubicación geográfica

Coordenadas geográficas de los lugares en los cuales se desarrollará la fase campo y laboratorio.

Fase de campo y laboratorio Hacienda el Prado

Longitud 78°24'44'' W

Latitud 0° 23' 20'' S

Altitud 2748 m.s.n.m.

3.1.3 Ubicación ecológica

El lugar donde se realizará la fase de campo se encuentra en un monte bajo, clima templado con una temperatura promedio anual de 13.89 °C, con una pluviosidad de 1000 mm año⁻¹ y con una HR (Humedad Relativa) del 66%.

3.1.4 Condiciones del invernadero

El invernadero presenta una temperatura anual promedio de 18.4 °C, humedad relativa del 40.16%, radiación ultravioleta de 11.01 μmol y una radiación de luz par de 658.91 μmol.m².s⁻¹ (Villareal, 2018)

3.2 Metodología

3.2.1 Análisis físico químico de los sustratos

Se realizó la caracterización de los cuatro sustratos cascajo, cascarilla, tierra negra y (1:1:1) sustratos cascajo, cascarilla, tierra negra.

3.2.1.1 Conductividad eléctrica y pH

El potencial hidrogeno pH y la conductividad eléctrica CE se midió en una relación 1:1 v/v, para lo cual se midió 50 ml de sustrato y 50 ml de agua destilada, y se procedió a medir con un pHímetro conductímetro marca Tecle (pH-870) (Baixauli & Aguilar, 2002).

3.2.1.2 Densidad aparente

La densidad aparente se determinó con 100 cm³ de sustrato, los cuáles se colocaron en una probeta, se calculó con la ecuación:

$$DA = \frac{\text{Masa del sustrato}}{\text{Volumen ocupado}}$$

(Martínez & Roca, 2011)

3.2.1.3 Porosidad total

La porosidad total se puede estimar mediante la siguiente ecuación:

$$PT = 95.83 - 32.43DA$$

Dónde: PT = Porosidad Total y DA = Densidad Aparente (Gras, 1983).

3.2.1.4 Capacidad de retención de humedad

Para la capacidad de retención de humedad se tomó sustrato el cual se procedió a secar en una estufa a 90° C por 24 horas. Se tomó 100 g de sustrato y se saturó con agua, por 15 minutos se colocó el sustrato en recipientes que drenar el exceso de agua finalmente se tomó el peso del

sustrato húmedo. La capacidad de retención de humedad se la expresó en porcentaje de volumen y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$CRH = \frac{P_1 - P_2}{D_{H_2O}}$$

Dónde: CRH = Capacidad de Retención de Humedad, P_1 = Peso de sustrato húmedo, P_2 = Peso de sustrato seco, D_{H_2O} = Densidad del agua (Calderón & Cevallos, 2002); (Martínez & Roca, 2011).

3.2.1.5 Granulometría

Para la granulometría se utilizó un tamizador, en el cual se colocó 1 Kg de sustrato, durante 3 minutos el sustrato paso por 6 mallas: N5, 4mm; N12, 1.7mm; N30, 0.6mm; N60, 0.25 y N80, 0.18mm, el resultado de cada malla se pesó y se expresó en porcentaje.

3.2.2 Preparación de sustratos

Los cuatro sustratos fueron preparados previo al trasplante, de la siguiente manera: El primer sustrato estuvo compuesto de 100% cascarilla de arroz, el segundo sustrato compuesto de 100% cascajo, el tercer sustrato conformado por el 100% de tierra negra, para el cuarto sustrato se mezcló 30% tierra negra, 30% cascajo, 40% cascarilla de arroz. El sustrato se llenó en fundas plásticas de polietileno color negro de 0.3m x 0.3m (ancho x alto).

Los sustratos fueron desinfectados 15 días antes del trasplante, usando drench, con agrocelhone i.a.: 33.3% cloropicrina y 60.8% dicloropropeno, en dosis de 330 L. Ha^{-1} . Las fundas se ubicaron en una cama a doble hilera de 20 m de largo x 0.5 m de ancho en forma aleatoria.

3.2.3 Trasplante

El proceso se llevó a cabo a primeras horas de la mañana con plántulas de tomate de 30 días a partir de su siembra, estas fueron aclimatadas durante 24 horas antes y se colocaron en el centro de la funda con sustrato, se utilizaron plántulas que no presentaron problemas fitosanitarios.

3.2.4 Fertilización

Se utilizaron dos planes de fertilización para el cultivo de tomate riñón: Hochmuth & Hochmuth, (2012) y Mattson & Peters, (2014) detallados en la tabla 2, tabla 4, para la elaboración de las soluciones nutritivas se utilizaron fertilizantes químicos comerciales detallados en las tabla 3, tabla 5.

Los fertilizantes se adquirieron en casas comerciales de la zona de Sangolquí. Tomando en cuenta los fertilizantes más comunes que se puede conseguir, se empleó dos tanques de fertilización procurando no mezclar los fertilizantes que contienen calcio con los fertilizantes que contienen sulfatos ya que no son compatibles y se pueden precipitar. Por ello se trabajó con dos soluciones la A y la B.

Tabla 2

Fertilización recomendada en ppm para cultivo de tomate en hidroponía establecido en Florida (Estados Unidos)

Nutriente (mg.L ⁻¹)	Etapas de crecimiento del tomate riñón				
	1 Trasplante hasta 1 ^{er} racimo (mg.L ⁻¹)	2 1 ^{er} racimo hasta 2 ^{do} racimo (mg.L ⁻¹)	3 2 ^{do} racimo hasta 3 ^{er} racimo (mg.L ⁻¹)	4 3 ^{er} racimo hasta 4 ^{to} racimo (mg.L ⁻¹)	5 4 ^{to} racimo hasta el término (mg.L ⁻¹)
N	70	80	100	120	150
P	50	50	50	50	50
K	120	120	150	150	200
Ca	150	150	150	150	150
Mg	40	40	40	50	50

CONTINUA



S	50	50	50	60	60
Fe	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Cu	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Mn	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Zn	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
B	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Mo	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Fuente: (Hochmuth & Hochmuth, 2012)

Tabla 3

Programa de fertilización para el cultivo de tomate en hidroponía basado en requerimientos establecidos Hochmuth & Hochmuth 2012

fertilizante (mg.L ⁻¹)	Etapas de crecimiento del tomate riñón				
	1 Trasplante hasta 1 ^{er} racimo (mg.L ⁻¹)	2 1 ^{er} racimo hasta 2 ^{do} racimo (mg.L ⁻¹)	3 2 ^{do} racimo hasta 3 ^{er} racimo (mg.L ⁻¹)	4 3 ^{er} racimo hasta 4 ^{to} racimo (mg.L ⁻¹)	5 4 ^{to} racimo hasta el término (mg.L ⁻¹)
nitrate de amonio	61,969	76,82	148,37	178,21	180,93
urea	372	462,06	688,91	799,93	981,93
súper fosfato triple (s)	249,23	249,23	249,23	249,23	249,23
nitrate de calcio	807,115	807,115	860,385	860,385	860,385
sulfato de potasio	643,41	643,41	807,62	807,62	1076,83
sulfato de magnesio	328,4	328,4	328,4	410,52	410,52
quelato de hierro	46,6	46,6	46,6	46,6	46,6
quelato de cobre	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
quelato de manganeso	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
quelato de zinc	2	2	2	2	2
ácido bórico	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9
molibdato mono amónico	0,134	0,134	0,134	0,134	0,134

Tabla 4

Fertilización recomendada en ppm para cultivo de tomate en hidroponía establecido en Arizona (Estados Unidos)

Nutriente	Etapas de crecimiento del tomate riñón		
	Semana 0 a 6 (mg.L ⁻¹)	Semana 6 a 12 (mg.L ⁻¹)	Semana 12 o más (mg.L ⁻¹)
N	224	189	189
P	47	47	39
K	281	351	341
Ca	212	190	170
Mg	65	60	48
Fe	2	2	2
Mn	0.55	0.55	0.55
Zn	0.33	0.33	0.33
B	0.28	0.28	0.28
Cu	0.05	0.05	0.05
Mo	0.05	0.05	0.05

Fuente: (Mattson & Peters, 2014)

Tabla 5

Programa de fertilización para el cultivo de tomate en hidroponía basado en requerimientos establecidos Mattson & Peters 2014

fertilizante	Etapas de crecimiento del tomate riñón		
	1 Semana 0 a 6 (mg.L ⁻¹)	2 Semana 6 a 12 (mg.L ⁻¹)	3 Semana 12 en adelante (mg.L ⁻¹)
nitrate de amonio	96,83	96,58	81,68
nitrate de calcio	1216,66	1090,4	975,62
nitrate de potasio	276,6	370,45	562,16
fosfato mono amónico	125,99	125,99	104,54

CONTINUA



sulfato de potasio	465,8	500	431,377
sulfato de magnesio	550,29	502,93	392,99
quelato de hierro	33,33	33,33	33,33
quelato de cobre	0,83	0,83	0,83
quelato de manganeso	4,23	4,23	4,23
quelato de zinc	2,2	2,2	2,2
ácido bórico	5,16	5,16	5,16
molibdato mono amónico	0,1336	0,1336	0,1336

3.2.5 Riego

Se realizó un riego localizado de manera homogénea por medio de gravedad, empleando agua de riego de la hacienda El prado a razón de tres litros por planta por día.

3.2.6 Labores culturales

Las labores culturales como: deshierba, podas, amarres, fueron hechas de forma manual a medida del requerimiento del cultivo.

3.2.7 Cosecha

Se realizaron dos cosechas de la producción, a los 90 y 115 días después del trasplante, con la producción se tomaron datos de peso, diámetro del futo, alto del fruto, ancho de pericarpio y grados °Brix.

3.2.8 Análisis de laboratorio

3.2.8.1 Determinación de nitrógeno

Se tomó 15g de muestra en hojas frescas maduras, estas muestras fueron lavadas y secadas en estufa, se añadió ácido sulfúrico y una tableta de digestión Kjendahl a la muestra se colocó en la estufa durante 90 minutos con aumentos de temperatura gradual hasta alcanzar los 420°C. Se retiró de la estufa y se dejó enfriar para añadir agua destilada. Una vez destilada la muestra se procedió a titular con ácido clorhídrico para determinar la cantidad de nitrógeno Anexo (1).

3.2.8.2 Análisis del contenido de nutrientes en la hoja del tomate riñón.

Para analizar el contenido de macro y micronutrientes se realizó se recolectaron hojas intermedias de tomate, luego se secaron en una estufa por 24 horas a 90 °C, se pesó 3 g de muestra y se calcinó a una temperatura de 500 °C por 4 horas. Se agregó agua destilada y ácido clorhídrico, este contenido se filtró cuidadosamente y se aforó con agua desionizada a 50 ml. Para el análisis de hierro, cobre, zinc se utilizó 9 ml de filtrado.

Para medir el potasio y sodio se mezcló 9 ml de óxido de lantano y 1 ml de muestra. Mientras que para el calcio y magnesio se diluyo 0.5 ml de muestra en 9.5 ml de óxido de lantano y 0.5 ml de agua desionizada.

Y finalmente para el manganeso se usó 5 ml de muestra y 0.5 ml de óxido de lantano.

Posterior se llevó todas las muestras al espectrofotómetro de absorción atómica y se procedió a medir.

Para medir el contenido de fósforo se utilizó la técnica de vanadato molibdato anexo (2), donde se tomó 3 ml del filtrado y se midió en el espectrofotómetro a 466 nm.

3.2.8.3 Medición de clorofilas

La medición de clorofila se realizó de acuerdo a (Yépez, 2018) donde se tomaron 0.25 g de hojas fresca de tomate riñón, previamente lavadas y secadas, se las llevó por 15 minutos al congelador, después se trituró parcialmente en un mortero con 2.5 ml de alcohol etílico, se refrigeraron por 24 horas en frascos color ámbar, luego de lo cual se completó el proceso de trituración en el mortero, en tubos de ensayo se aforó la muestra a 6.5 ml y se procedió a centrifugar, con una micropipeta se extrajo la parte no sedimentada y se midió en el espectrofotómetro a 649 nm para clorofila β y 664 nm para clorofila α .

3.2.9 Diseño experimental

3.2.9.1 Factores a probar

Se evaluó dos factores en la presente investigación el tipo de sustrato y la fertilización para la cual se asignó una simbología para representar cada factor.

Factor 1: sustrato

Tabla 6

Descripción del factor sustrato y su simbología

Símbolo	Sustrato
S1	Cascarilla de arroz
S2	Cascajo
S3	Tierra negra
S4	Combinación de 33.3% de cascarilla de arroz, 33.3% de tierra negra, 33.3% c cascajo.

Factor 2: tipos de solución nutritiva

Tabla 7

Descripción del factor plan de fertilización y su simbología

Simbología	Plan de fertilización
F1	Hochmuth y Hochmunth 2012 (Anexo 2)
F2	Mattson y Peters 2014 (Anexo 3)

3.2.9.2 Tratamientos

Tabla 8

Descripción de los tratamientos

No	Tratamiento	Descripción
T1	S1F1	Cascarilla de arroz con fertilización 1
T2	S1F2	Cascarilla de arroz con fertilización 2
T3	S2F1	Cascajo con fertilización 1
T4	S2F2	Cascajo con fertilización 2
T5	S3F1	Tierra negra con fertilización 1
T6	S3F2	Tierra negra con fertilización 2
T7	S4F1	(1:1:1) cascarilla, tierra negra y cascajo con fertilización 1
T8	S4F2	(1:1:1) cascarilla, tierra negra y cascajo con fertilización 2

3.2.9.3 Tipo de diseño experimental

Para realizar esta investigación se empleará un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo bifactorial (4 x 2) con cuatro repeticiones con el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + F_j + (SF)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

μ = Media general

S_i = Efecto del i-ésimo sustrato

F_j = Efecto del j-ésimo plan de fertilización

$(SF)_{ij}$ = Efecto de la interacción sustrato x plan de fertilización

ϵ_{ijk} = Error experimental

3.2.9.4 Repeticiones o bloques

Se manejaron cuatro repeticiones por cada tratamiento

3.2.9.5 Características de las unidades experimentales

Cada una de las unidades experimental constará de una planta de tomate trasplantada en una bolsa de color negro de 0.3 m de largo x 0.3 m de ancho x 0.3 m de alto.

Las fundas estarán separadas 0.1 m entre ellas a lo largo de la cama de cultivo, y 0.5 m entre cada hilera, llegando a ocupar un área de 10 m²; los tratamientos se distribuirán de forma aleatoria en el campo de acuerdo a la Figura 1.

3.2.9.6 Croquis experimental

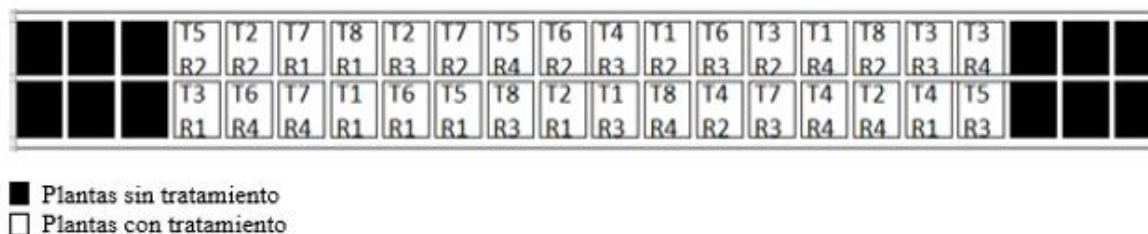


Figura 1 Distribución del experimento en el campo

3.2.9.7 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó en el programa infostad.

3.2.9.8 Coeficiente de variación

El coeficiente de variación es la relación entre la desviación típica de la muestra y su media, se expresa en porcentaje permitiendo comparar dispersiones de dos distribuciones distintas siempre y cuando sean positivas.

$$CV = \delta / (\bar{X}) * 100 \quad \text{En donde:}$$

CV = Coeficiente de variación

δ = Desviación estándar

\bar{X} = Media

3.2.9.9 Análisis funcional

Para comparar los factores se realizará una prueba de tukey a un nivel de significancia del (0.05%).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Se cultivó un total de 96 plantas de tomate de riñón (*Lycopersicum sculentum* Mill) híbrido Pietro, fueron asignadas a cuatro sustratos y dos fertilizaciones diferentes los cuales fueron evaluados para determinar el mejor sustrato y fertilización para el cultivo semi-hidropónico.

4.1.1 Análisis de los sustratos

Se realizaron análisis físicos químicos a los cuatro sustratos que se emplearon para el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicum sculentum* Mill), antes de realizar el trasplante.

Tabla 9

Promedio de la densidad aparente, potencial hidrogeno, conductividad eléctrica, porosidad total, capacidad de retención de humedad y granulometría para cuatro diferentes sustratos

Símbolo	DA (g.cm ⁻³)	pH	CE (ds.m ⁻¹)	PT (% v/v)	CRH (% p/p)	G (%)					
						>4mm	1.7- 4mm	0.6- 1.7mm	0.25- 0.6mm	0.18- 0.25 mm	<0.18m m
S1	0,16	6,54	0,35	89,4	92,3	N.D	73,54	24,71	1,75	N.D	N.D
S2	0,15	7,21	0,17	89,98	54,64	23,45	28,11	29,45	12,4	4,35	3,24
S3	1,68	6,75	0,9	41,7	25,81	N.D	6,45	28,16	36,65	27,09	1,65
S4	0,87	6,8	0,53	73,69	57,58	7,817	36,03	27,44	16,93	10,48	1,63

*DA, densidad aparente; CE, conductividad eléctrica; PT, porosidad total; CRH, capacidad de retención de humedad; G, granulometría; N.D, no determinó. S1= Cascarilla de arroz, S2=Cascajo, S3=Tierra negra, S4= (1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra, y cascajo.

Para la tierra negra se observa una mayor densidad aparente 1.68 g.cm⁻³, mientras que el sustrato con menor densidad aparente es el cascajo con 0.15 g.cm⁻³. El pH de los sustratos se encuentra en un rango de 6.54 a 7.21, en tanto que la conductividad eléctrica varió de 0.17 ds.m⁻¹ a 0.9 ds.m⁻¹.

En cuanto a las características físicas se observa que para la variable porosidad total el cascajo y la cascarilla poseen el mayor valor de 89.98 % v/v⁻¹ y 89.4 % v/v⁻¹ respectivamente, esta característica está relacionada al tamaño de partículas que para los dos sustratos más del 90% de partículas son mayores a 0.6 mm. Respecto a la capacidad de retención de agua, la cascarilla de

arroz obtuvo una retención del 92.3 % p/p⁻¹ en tanto el sustrato con menor retención de agua fue la tierra negra 25.81 % p/p⁻¹.

4.1.2 Variables de producción

4.1.2.1 Producción

Tabla 10

Promedio ± error estándar de la producción en tomate riñón (Lycopersicum sculentum Mill) cultivado en 4 sustratos con dos soluciones nutritivas

Producción total (Mg.Ha ⁻¹)	
Sustrato	*
Fertilización	*
S x F	NS
Sustrato	
Cascarilla	71,43 ± 6,38 a
Cascajo	67,59 ± 5,78 b
Tierra Negra	69,63 ± 5,73 b
Mezcla	89,16 ± 9,85 b
Fertilización	
Hochmuth y Hochmunth	81,16 ± 3,46 a
Mattson y Peters	67,74 ± 6,28 b

*Medias de una columna seguidas por una misma letra, no son significativamente diferentes (DGC; p≤0.05). NS, No significativo; *, significativo a p≤0.05; **, significativo a p≤0.01.

La producción de tomate riñón (*Lycopersicum sculentum* Mill) cultivada en mezcla (1:1:1) cascarilla, cascajo y tierra negra mostró mayor producción que el resto de sustratos la cual fue de 89.16 Mg.Ha⁻¹.

Plantas fertilizadas con Hochmuth y Hochmunth tuvieron una mayor producción la cual fue de 81.16 Mg.Ha⁻¹.

Tabla 11

Nivel de significancia para, peso del fruto, diámetro del fruto, espesor del pericarpio altura del fruto y °Brix en producción de tomate riñón (Lycopersicum sculentum Mill) cosechados a los 90 días después del trasplante

	Peso del fruto (g)	Diámetro del fruto (mm)	Espesor del pericarpio (mm)	Altura del fruto (mm)	°Brix Fruto (VBX)
Sustrato (S)	*	**	**	**	**
Fertilización (F)	**	*	NS	*	**
S x F	*	**	**	NS	*

NS, No significativo; *, significante a $p \leq 0.05$; **, significante a $p \leq 0.01$.

Tabla 12

Promedio de peso del fruto, diámetro del fruto, espesor del pericarpio y °Brix en producción de tomate riñón (Lycopersicum sculentum Mill) cosechados a los 90 días después del trasplante

Sustrato x fertilización	Peso del fruto (g)	Diámetro del fruto (mm)	Espesor del pericarpio (mm)	°Brix Fruto (VBX)
T1	161,58 ± 3,88 a	82,9 ± 1,22 a	7,23 ± 0,09 a	5,50 ± 0,13 b
T2	102,6 ± 1,32 b	76,05 ± 0,89 b	6,68 ± 0,21 a	5,50 ± 0,14 b
T3	116,13 ± 5,14 b	80,08 ± 0,69 b	4,95 ± 0,23 b	4,48 ± 0,17 b
T4	100,02 ± 4,07 b	72,28 ± 1,26 c	6,78 ± 0,08 a	6,9 ± 0,31 a
T5	124,68 ± 6,56 b	84,9 ± 2,21 a	6,3 ± 0,29 a	5,2 ± 0,11 b
T6	75,63 ± 2,11 c	63,25 ± 1,02 d	5,93 ± 0,05 b	7,53 ± 0,07 a
T7	111,2 ± 5,18 b	78,05 ± 0,75 b	6,83 ± 0,03 a	4,43 ± 0,17 c
T8	145,95 ± 21,97a	88,23 ± 0,95 a	6,55 ± 0,19 a	4,3 ± 0,15 c

*Medias de una columna seguidas por una misma letra, no son significativamente diferentes (DGC; $p \leq 0.05$). T1 = (cascarilla de arroz + Hochmuth y Hochmunth), T2=(cascarilla de arroz + Mattson y Peters), T3=(cascajo + Hochmuth y Hochmunth), T4=(cascajo + Mattson y Peters), T5=(tierra negra + Hochmuth y Hochmunth), T6=(tierra negra + Mattson y Peters), T7=(1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra y cascajo + Hochmuth y Hochmunth), T8=(1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra y cascajo + Mattson y Peters).

Tabla 13

Nivel de significancia para el promedio de peso del fruto, diámetro del fruto, espesor del pericarpio altura del fruto y °Brix en producción de tomate riñón (Lycopersicum sculentum Mill) cosechados a los 115 días después del trasplante

	Peso del fruto (g)	Diámetro del fruto (mm)	Espesor del pericarpio (mm)	Altura del fruto (mm)	°Brix Fruto (VBX)
Sustrato (S)	**	NS	**	*	**
Fertilización (F)	**	**	NS	*	**
S x F	**	**	**	NS	**

NS, No significativo; *, significativo a $p \leq 0.05$; **, significativo a $p \leq 0.01$.

Tabla 14

Promedio \pm error estándar del peso del fruto, diámetro del fruto, espesor del pericarpio y °Brix en producción de tomate riñón (Lycopersicum sculentum Mill) cosechados a los 115 días después del trasplante

Sustrato x Fertilización	Peso del fruto (g)	Diámetro del fruto (mm)	Espesor del pericarpio (mm)	°Brix Fruto (VBX)
T1	98,09 \pm 2,08 a	61,38 \pm 2,32 a	6,58 \pm 0,09 a	4,2 \pm 0,11 c
T2	56,60 \pm 1,32 c	51,33 \pm 1,82 a	6,30 \pm 0,11 a	4,83 \pm 0,14 c
T3	57,50 \pm 1,96 c	56,30 \pm 1,17 a	5,23 \pm 0,05 b	4,33 \pm 0,17 c
T4	84,45 \pm 1,42 b	54,20 \pm 1,62 a	6,13 \pm 0,1 a	5,48 \pm 0,37 b
T5	88,45 \pm 2,97 b	53,26 \pm 3,2 b	5,25 \pm 0,06 b	4,33 \pm 0,09 c
T6	44,8 \pm 2,1 d	43,6 \pm 1,08 b	5,33 \pm 0,06 b	6,33 \pm 0,08 a
T7	76,48 \pm 1,71 b	55,38 \pm 1,0 b	6,23 \pm 0,02 a	4,48 \pm 0,02 c
T8	102,09 \pm 4,1 a	60,55 \pm 2,39 a	5,85 \pm 0,25 a	3,63 \pm 0,25 d

*Medias de una columna seguidas por una misma letra, no son significativamente diferentes (DGC; $p \leq 0.05$). T1 = (cascarilla de arroz + Hochmuth y Hochmunth), T2=(cascarilla de arroz + Mattson y Peters), T3=(cascajo + Hochmuth y Hochmunth), T4=(cascajo + Mattson y Peters), T5=(tierra negra + Hochmuth y Hochmunth), T6=(tierra negra + Mattson y Peters), T7=(1:1:1 cascarilla de arroz, tierra negra y cascajo + Hochmuth y Hochmunth), T8=((1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra y cascajo + Mattson y Peters).

4.1.2.2 Peso del fruto

Se determinó un efecto significativo para la interacción sustrato x fertilización ($F=16.70$; $p=0.001$); ($F=163.25$; $p=0.03$) para el peso de los frutos cosechados a los 90 y 115 días luego del trasplante. Plantas cultivadas en cascarilla de arroz con la fertilización establecida por Hochmuth y Hochmunth, y plantas cultivadas en combinación (1:1:1) cascarilla, cascajo y tierra negra + Mattson y Peters, mostraron los mayores pesos de producción, en ambas fechas de recolección.

Siendo mayor el peso en la primera cosecha realizada 161.58 g de promedio por fruto para el T1 frente a los 102.09g del T8 en la segunda cosecha. Ver (tabla 10 y tabla 12).

En las dos cosechas plantas que estuvieron en tierra negra fertilizadas con la propuesta de Mattson y Peters mostraron el menor rendimiento para el peso de fruto promedio, 75.63g para la cosecha a los 90 días y 44.8g para los frutos cosechados a los 115 días.

4.1.2.3 Diámetro del fruto

Se encontró un efecto significativo para la interacción sustrato x fertilización para el diámetro de frutos de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum* Mill) cosechados a los 90 (F=48.28; p=0.0001) y 115 (F=10.63; p=0.0001) días después del trasplante.

Plantas que fueron cultivadas en tierra negra en la solución de Mattson y Peters presentaron el menor diámetro de fruto 63.25 mm en frutos cosechados a los 90 días y 43.6mm en frutos cosechados a los 115 días.

Al igual que el peso promedio de los frutos el mayor diámetro se encuentra en frutos trabajados en cascarilla de arroz con la solución nutritiva Hochmuth y Hochmunth y en combinación (1:1:1) cascarilla, cascajo y tierra negra fertilizada con la recomendación de Mattson y Peters para ambas fechas de cosecha revisar (tabla 10), (tabla 12).

4.1.2.4 Espesor del pericarpio

Para los factores sustrato y fertilización el análisis estadístico muestra una interacción significativa (F=31.75; p=0.001) en el espesor del pericarpio.

Los datos muestran un mayor espesor de pericarpio 7.23mm, para plantas sembradas en combinación (1:1:1) cascarilla, cascajo y tierra negra fertilizadas con la propuesta de Mattson y Peters y cosechadas a los 90 días después del trasplante, plantas sembradas en el mismo sustrato muestran mayor espesor del pericarpio 5.85 mm cosechadas a los 115 días después del trasplante.

La tierra negra con fertilización de Mattson y Peters mostró menor espesor de pericarpio 5.93 mm y 5.33mm para frutos cosechados a los 90 y 115 días después del trasplante respectivamente.

4.1.2.5 °Brix

La interacción del tipo de sustrato con la fertilización fue positiva, para la cantidad de azúcar presentes en el fruto, tanto para frutos recolectados a los 90 días después del trasplante ($F=20.03$; $p=0.001$), como para frutos recolectados a los 115 días después del trasplante ($F= 21.80$; $p=0.001$).

Para frutos recolectados a los 90 días después del trasplante la cantidad de azúcares fue de 7.53 °Brix en el T6= (tierra negra + Mattson y Peters), mismo que fue mayor al resto de tratamientos, mientras que el T8= (1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra, y cascajo + Mattson y Peters) fue el que acumuló menor cantidad de azúcares en el fruto 4.43 °Brix.

En frutos recolectados a los 115 días el T6= (tierra negra + Mattson y Peters) es la combinación de sustrato y fertilización que presenta mayor cantidad de azúcares en el fruto, para los demás tratamientos la cantidad de azúcar vario entre 3.56°Brix y 5.58°Brix.

4.1.2.6 Altura del fruto

Tabla 15

*Promedio \pm error estándar de la altura de fruto cosechados a los 90 y 115 días después del trasplante, en producción de tomate riñón (*Lycopersicon sculentum* Mill) cosechados a los 115 días después del trasplante*

Sustrato	Altura del fruto cosechados a los 90 días (mm)	Altura del fruto cosechados a los 115 días (mm)
Cascarilla	51,63 \pm 1,98 a	44,41 \pm 6,67 a
Cascajo	50,56 \pm 1,22 a	46,34 \pm 0,78 a
Tierra Negra	45,04 \pm 1,45 b	40,49 \pm 2,01 b

CONTINUA



Mezcla	50,56 ± 1,30 a	46,68 ± 1,73 a
Fertilización		
Hochmuth y Hochmunth	52,45 ± 1,1 a	45,72 ± 0,82 a
Mattson y Peters	46,49 ± 0,81 b	38,24 ± 3,60 b

*Medias de una columna seguidas por una misma letra, no son significativamente diferentes (DGC; $p \leq 0.05$).

Para los datos de altura de fruto se encontró que plantas cosechadas a los 90 días después del trasplante, cultivadas en tierra negra mostraron una menor altura del fruto ($F=9.07$; $p=0.0003$), mientras que para el resto de sustratos la altura varía entre 50.56 mm y 51.63 mm. En plantas cosechadas a los 115 días después del trasplante la menor altura también se presentó en la tierra negra 40.49 mm ($F=4.14$; $p=0.169$).

La altura del fruto en plantas fertilizadas con la propuesta de Hochmuth y Hochmunth fue mayor que la propuesta de Mattson y Peters 52,45 mm para frutos cosechados a los 90 días ($F=35.99$; $P=0.0001$) y 45,72 mm en frutos cosechados a los 115 días ($F=6.92$; $P=0.0147$).

4.1.3 Variables fisiológicas

Tabla 16

*Nivel de significancia de la altura de planta a los 80 días, número de flores en el primer piso, de la concentración de Clorofila α , Clorofila β y Clorofila total en tomate riñón (*Lycopersicon sculentum* Mill) cultivado en 4 sustratos y dos tipos de fertilización*

	Altura de la planta (cm)	Número de flores primer piso	Clorofila α ($\mu\text{g.ml}^{-1}$)	Clorofila β ($\mu\text{g.ml}^{-1}$)	Clorofila Total ($\mu\text{g.ml}^{-1}$)
Sustrato (S)	**	NS	**	NS	**
Fertilización (F)	**	NS	**	**	**
S x F	NS	**	**	*	**

NS, No significante; *, significante a $p \leq 0.05$; **, significante a $p \leq 0.01$.

Tabla 17

*Promedio \pm error estándar del número de flores en el primer piso, de la concentración de Clorofila α , Clorofila β y Clorofila total en tomate riñón (*Lycopersicon sculentum* Mill) cultivado en 4 sustratos y dos tipos de fertilización*

Sustrato x Fertilización	Número de flores primer piso	Clorofila α ($\mu\text{g.ml}^{-1}$)	Clorofila β ($\mu\text{g.ml}^{-1}$)	Clorofila Total ($\mu\text{g.ml}^{-1}$)
T1	3,25 \pm 0,25 b	31,05 \pm 0,52 a	14,6 \pm 0,31 b	45,65 \pm 0,38 b
T2	3,00 \pm 0,0 b	32,18 \pm 1,01 a	18,73 \pm 1,66 b	50,88 \pm 1,32 a
T3	3,75 \pm 0,25 a	23,23 \pm 0,62 b	16,48 \pm 0,53 b	39,70 \pm 1,10 c
T4	3,00 \pm 0,0 b	32,18 \pm 0,67 a	19,48 \pm 0,43 b	51,65 \pm 0,97 a
T5	3,00 \pm 0,41 b	31,73 \pm 0,56 a	19,03 \pm 0,98 b	49,90 \pm 1,32 a
T6	4,25 \pm 0,25 a	31,33 \pm 0,54 a	18,58 \pm 0,26 b	50,75 \pm 0,61 a
T7	4,00 \pm 0,41 a	30,80 \pm 1,32 a	15,73 \pm 0,53 b	46,53 \pm 1,49 b
T8	3,25 \pm 0,25 b	31,75 \pm 0,36 a	23,25 \pm 2,44 a	54,98 \pm 2,70 a

*Medias de una columna seguidas por una misma letra, no son significativamente diferentes (DGC; $p \leq 0.05$). T1 = (cascarilla de arroz + Hochmuth y Hochmunth), T2=(cascarilla de arroz + Mattson y Peters), T3=(cascajo + Hochmuth y Hochmunth), T4=(cascajo + Mattson y Peters), T5=(tierra negra + Hochmuth y Hochmunth), T6=(tierra negra + Mattson y Peters), T7=(1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra y cascajo + Hochmuth y Hochmunth), T8=(1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra y cascajo + Mattson y Peters).

4.1.3.1 Clorofila

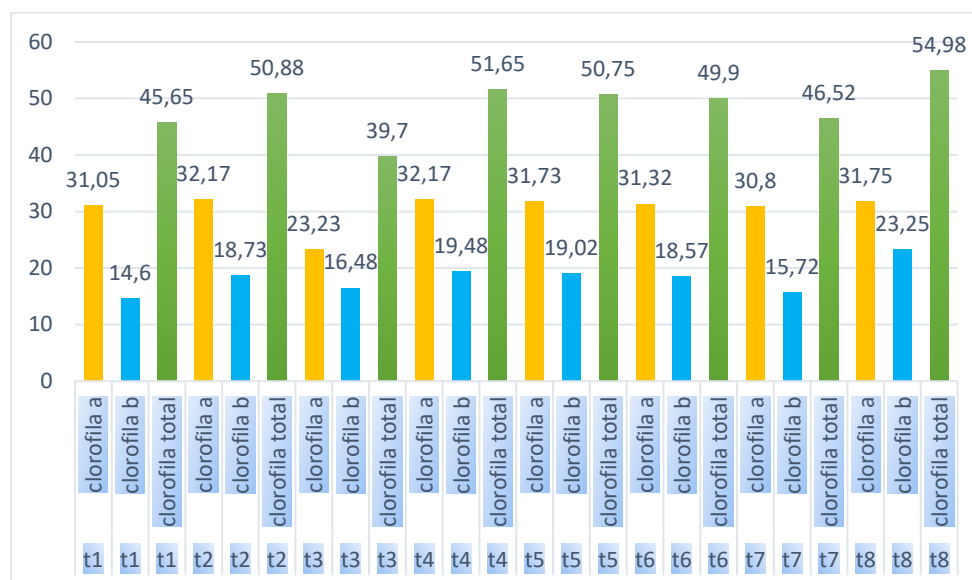


Figura 2 Concentración de Clorofila α , Clorofila β y Clorofila total en tomate riñón (*Lycopersicum sculentum* Mill) cultivado en 4 sustratos y dos tipos de fertilización medidas en $\mu\text{g.ml}^{-1}$

Se evaluó la cantidad de clorofila α , β y clorofila total en plantas de tomate riñón (*Lycopersicum sculentum* Mill), se determinó una interacción positiva entre los factores sustrato y fertilización ($F=15.23$; $p=0.0001$) ;($F=4.09$; $p=0.0176$), ($F=7.56$; $p=0.001$) respectivamente.

El T8= (combinación (1:1:1) cascarilla, cascajo y tierra negra + Mattson y Peters) mostró una mayor cantidad de clorofila α , β y clorofila total $31,75 \mu\text{g.ml}^{-1}$ $23,25 \mu\text{g.ml}^{-1}$ $54,98 \mu\text{g.ml}^{-1}$ que el resto de tratamientos.

4.1.3.2 Número de flores primer piso

Al realizar el análisis de varianza encontramos una interacción significativa entre el sustrato y la fertilización utilizados ($F=6.14$; $p=0.003$) para el numero de flores en el primer piso.

El T3= (cascajo + Hochmuth y Hochmunth) T6= (tierra negra + Mattson y Peters) y T7= (combinación (1:1:1) cascarilla, cascajo y tierra negra) tiene un mayor número de flores en el primer piso de las plantas cultivadas 3.75, 4.25 y 4 flores respectivamente.

4.1.3.3 Altura de la planta (cm)

Tabla 18

*Promedio ± error estándar de la altura de planta en producción de tomate riñón (*Lycopersicum sculentum* Mill) medida a los 80 días después del trasplante*

Sustrato	Altura de la planta (cm)
Cascarilla	74,31 ± 0,81 a
Cascajo	70,69 ± 2,07 a
Tierra Negra	63,06 ± 1,26 b
Mezcla	66,63 ± 1,29 b
Fertilización	
Hochmuth y Hochmunth	66,31 ± 1,25 b
Mattson y Peters	71,03 ± 1,41 a

*Medias de una columna seguidas por una misma letra, no son significativamente diferentes (DGC; $p \leq 0.05$).

La altura de las plantas de tomate riñón (*Lycopersicum sculentum* Mill) fue mayor en plantas tratadas con la fertilización propuesta por Mattson y Peters 71.03 cm ($F=18.88$; $p= 0.0002$).

Plantas cultivadas en cascajo 70.69 cm y cascarilla de arroz 74.31 cm mostraron mayor altura que las plantas cultivadas en el resto de sustratos ($F=20.22$; $p= 0.0001$).

4.1.4 Variables nutricionales

Tabla 19

*Nivel de significancia de la concentración de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro y Manganeso en tomate riñón (*Lycopersicum sculentum* Mill), cultivado en cuatro tipos de sustratos con dos fertilizaciones tomado a los 90 días después del trasplante*

	N (g.Kg ⁻¹)	P (g.Kg ⁻¹)	K (g.Kg ⁻¹)	Ca (g.Kg ⁻¹)	Mg (g.Kg ⁻¹)	Fe (mg.Kg ⁻¹)	Mn (mg.Kg ⁻¹)
Sustrato (S)	**	*	**	*	**	**	**
Fertilización (F)	**	**	**	NS	**	NS	*
S x F	**	**	**	NS	**	**	*

*Medias de una columna seguidas por una misma letra, no son significativamente diferentes (DGC; $p \leq 0.05$). NS, No significativo; *, significativo a $p \leq 0.05$; **, significativo a $p \leq 0.01$.

Tabla 20

Promedio ± error estándar de la concentración de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Hierro y Manganeso en tomate riñón (Lycopersicum sculentum Mill), cultivado en cuatro tipos de sustratos con dos fertilizaciones tomado a los 90 días después del trasplante

Sustrato x Fertilización	N (g.Kg ⁻¹)	P (g.Kg ⁻¹)	K (g.Kg ⁻¹)	Mg (g.Kg ⁻¹)	Fe (mg.Kg ⁻¹)	Mn (mg.Kg ⁻¹)
T1	46,19 ± 0,03 a	7,63 ± 0,06 a	43,20 ± 0,03a	5,62 ± 0,07 b	76,76 ± 6,83 d	100,83 ± 3,81 a
T2	43,54 ± 0,05 a	5,78 ± 0,07 b	36,5 ± 0,02 b	5,58 ± 0,20 b	99,89 ± 4,03 c	63,11 ± 2,65 c
T3	43,56 ± 0,03 a	7,55 ± 0,09 a	33,15 ± 0,05c	5,05 ± 0,10 c	180,03 ± 5,42 a	112,61 ± 8,37 a
T4	37,18 ± 0,04 b	6,56 ± 0,05 b	39,0 ± 0,06 b	5,47 ± 0,11 b	154,03 ± 7,27 b	56,23 ± 2,49 c
T5	36,72 ± 0,03 b	7,13 ± 0,08 a	39,30 ± 0,04b	6,55 ± 0,12 a	86,22 ± 2,66 d	84,99 ± 1,82 b
T6	37,62 ± 0,01 b	6,74 ± 0,07 b	31,64 ± 0,03 c	5,05 ± 0,09 c	55,93 ± 4,0 e	43,23 ± 1,07 c
T7	38,32 ± 0,05 b	6,53 ± 0,06 b	42,95 ± 0,05 a	4,46 ± 0,06 c	117,75 ± 9,68 c	86,7 ± 2,46 c
T8	37,16 ± 0,02 b	6,03 ± 0,09b	30,84 ± 0,01 c	4,20 ± 0,13 d	186,43 ± 7,15 a	53,04 ± 1,76 c

*Medias de una columna seguidas por una misma letra, no son significativamente diferentes (DGC; p≤0.05). T1 = (cascarilla de arroz + Hochmuth y Hochmunth), T2=(cascarilla de arroz + Mattson y Peters), T3=(cascajo + Hochmuth y Hochmunth), T4=(cascajo + Mattson y Peters), T5=(tierra negra + Hochmuth y Hochmunth), T6=(tierra negra + Mattson y Peters), T7=(1:1:1) cascarilla de arroz, tierra

Tabla 21

Nivel de significancia de la concentración de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro y Manganeso en tomate riñón (Lycopersicum sculentum Mill), cultivado en cuatro tipos de sustratos con dos fertilizaciones tomado a los 120 días después del trasplante

	N (g.Kg ⁻¹)	P (g.Kg ⁻¹)	K (g.Kg ⁻¹)	Ca (g.Kg ⁻¹)	Mg (g.Kg ⁻¹)	Fe (mg.Kg ⁻¹)	Mn (mg.Kg ⁻¹)
Sustrato (S)	**	**	**	**	**	**	**
Fertilización (F)	**	**	**	NS	NS	NS	**
S x F	**	NS	**	NS	**	**	**

*Medias de una columna seguidas por una misma letra, no son significativamente diferentes (DGC; p≤0.05). NS, No significante; *, significante a p≤0.05; **, significante a p≤0.01.

Tabla 22

*Promedio \pm error estándar de la concentración de Nitrógeno, Potasio, Magnesio, Hierro y Manganeso en tomate riñón (*Lycopersicon sculentum* Mill), cultivado en cuatro tipos de sustratos con dos fertilizaciones tomado a los 120 días después del trasplante*

Sustrato x Fertilización	N (g.Kg ⁻¹)	K (g.Kg ⁻¹)	Mg (g.Kg ⁻¹)	Fe (mg.Kg ⁻¹)	Mn (mg.Kg ⁻¹)
T1	37,22 \pm 0,8 a	40,90 \pm 0,56 b	4,99 \pm 0,1 b	172,70 \pm 5,82 a	112,66 \pm 4,88 a
T2	32,45 \pm 0,82 a	32,01 \pm 0,52 c	3,75 \pm 0,07 c	55,93 \pm 3,02 b	57,41 \pm 1,33 d
T3	32,26 \pm 0,46 b	43,35 \pm 1,44 b	5,93 \pm 0,2 a	72,55 \pm 2,43 b	117,84 \pm 5,82 a
T4	31,15 \pm 1,41 b	32,55 \pm 0,44 c	5,31 \pm 0,56 b	103,21 \pm 34,57 b	60,74 \pm 1,47 d
T5	30,82 \pm 0,97 b	47,83 \pm 1,16 a	3,76 \pm 0,2 c	232,97 \pm 21,27 a	74,61 \pm 1,40 c
T6	31,57 \pm 0,51 b	33,40 \pm 79 c	5,02 \pm 0,16 b	205,83 \pm 12,39 a	45,89 \pm 2,11 e
T7	32,32 \pm 1,37 a	34,48 \pm 97 c	4,71 \pm 0,16 b	162,61 \pm 2,87 a	92,80 \pm 1,29 b
T8	31,36 \pm 0,69 b	31,27 \pm 68 c	4,67 \pm 0,13 b	201,25 \pm 9,29 a	60,18 \pm 1,83 d

*Medias de una columna seguidas por una misma letra, no son significativamente diferentes (DGC; $p \leq 0.05$). T1 = (cascarilla de arroz + Hochmuth y Hochmunth), T2= (cascarilla de arroz + Mattson y Peters), T3= (cascajo + Hochmuth y Hochmunth), T4= (cascajo + Mattson y Peters), T5= (tierra negra + Hochmuth y Hochmunth), T6= (tierra negra + Mattson y Peters), T7= (1:1:1) cascarilla de arroz, tierra

4.1.4.1 Nitrógeno

El análisis estadístico mostró diferencias significativas para la interacción sustrato fertilización en el nitrógeno contenido por la planta, en muestras tomadas a los 90 días después del trasplante ($F=5.58$; $p=0.0037$), y en muestras tomadas a los 120 días después del trasplante ($F=5.36$; $P=0.0057$).

Plantas cultivadas en T1 = (cascarilla de arroz + Hochmuth y Hochmunth) y T2= (cascarilla de arroz + Mattson y Peters) mostraron mayor cantidad de nitrógeno presente, a los 90 días 46.19 g.Kg⁻¹ y 43.54 g.Kg⁻¹ como a los 120 días 37.22 g.Kg⁻¹ y 32.45 g.Kg⁻¹. Sin embargo a los 90 días también se evidencia que el T3= (cascajo + Hochmuth y Hochmunth) tiene una mayor cantidad de nitrógeno que el resto de tratamientos 43.56 g.Kg⁻¹.

4.1.4.2 Fosforo

Al realizar el análisis de varianza se encontró una interacción significativa para el tipo de sustrato y la fertilización empleada en la absorción de fosforo en la plana. En plantas analizadas a los 90 días después del trasplante ($F=6.35$; $p=0.0035$).

Plantas muestreadas a los 90 días después del trasplante muestran mayor absorción de fosforo en los tratamientos T1 = (cascarilla de arroz + Hochmuth y Hochmunth), T3= (cascajo + Hochmuth y Hochmunth) y T5= (tierra negra + Hochmuth y Hochmunth), 7.63 g.Kg^{-1} 7.55 g.Kg^{-1} y 7.13 g.Kg^{-1} respectivamente, en tanto el resto de tratamientos varía entre 5.78 g.Kg^{-1} y 6.74 g.Kg^{-1} .

Plantas analizadas a los 120 días después del trasplante muestran una menor absorción de fosforo 3.49 g.Kg^{-1} cuando se cultivan en la mezcla de sustratos ($F=10.98$; $p=0.0001$). En tanto que plantas fertilizadas con la propuesta de Hochmuth y Hochmunth muestran mayor cantidad de fosforo en la planta 5.41 g.Kg^{-1} , que la propuesta de Mattson y Peters ($F=14.55$; $p=0.0008$).

4.1.4.3 Potasio

El análisis de varianza muestra una interacción significativa entre el efecto del sustrato y el tipo de fertilización para el potasio contenido en muestras tomadas a los 90 días después del trasplante ($F=43.92$; $p=0.0009$) y en muestras tomadas a los 120 días después del trasplante ($F=12.65$; $p=0.0001$).

El potasio contenido en muestras de hojas fue mayor en T1 = (cascarilla de arroz + Hochmuth y Hochmunth) 43.20 g.Kg^{-1} y T7= (Combinación de 33.3% de cascarilla de arroz, 33.3% de tierra negra, 33.3% de cascajo + Hochmuth y Hochmunth) 42.95 g.Kg^{-1} en las muestras evaluadas a los 90 días después del trasplante. Plantas evaluadas a los 120 días después del trasplante muestran mayor absorción de potasio en el tratamiento T5= (tierra negra + Hochmuth y Hochmunth) 47.83 g.Kg^{-1} . En tanto el resto de tratamientos varía entre 40.9 g.Kg^{-1} y 31.27 g.Kg^{-1} .

4.1.4.4 Magnesio

La interacción sustrato x fertilizante es significativa para el contenido de magnesio en plantas muestreadas a los 90 días después del trasplante ($F=24.40$; $p=0.0001$) y a los 120 días después del trasplante ($F=10.70$; $p=0.0001$).

El mayor contenido de calcio se presenta en el T5= (tierra negra + Hochmuth y Hochmunth) 6.55 g.Kg^{-1} , en plantas muestreadas a los 90 días después del trasplante. En tanto que plantas evaluadas a los 120 días después del trasplante muestran un mayor contenido de calcio en el T3= (cascajo + Hochmuth y Hochmunth) 5.93 g.Kg^{-1} .

4.1.4.5 Hierro

En análisis estadístico muestra una interacción significativa entre el tipo de fertilización y el sustrato empleado para el contenido de hierro en la planta, en muestras evaluadas a los 90 días después del trasplante ($F=27.63$; $p=0.0001$). Y muestras evaluadas a los 120 días después de trasplante ($F=10.64$; $p=0.0001$).

En plantas muestreadas a los 90 días después del trasplante, los tratamientos que muestran una mayor cantidad de hierro contenido en la planta son T3= (cascajo + Hochmuth y Hochmunth) $180.03 \text{ mg.Kg}^{-1}$ y T8= (1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra, y cascajo + Mattson y Peters) $186.43 \text{ mg.Kg}^{-1}$.

Las plantas que se evaluaron a los 120 días después del trasplante muestran un mayor contenido de hierro en los tratamientos. T1 = (cascarilla de arroz + Hochmuth y Hochmunth) $172.70 \text{ mg.Kg}^{-1}$, T5=(tierra negra + Hochmuth y Hochmunth) $232.97 \text{ mg.Kg}^{-1}$, T6=(tierra negra + Mattson y Peters) $205.83 \text{ mg.Kg}^{-1}$, T7=(1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra, y cascajo + Hochmuth y Hochmunth), $162.61 \text{ mg.Kg}^{-1}$ y T8=(1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra, y cascajo + Mattson y Peters) $201.25 \text{ mg.Kg}^{-1}$.

4.1.4.6 Manganeso

Para el contenido de manganeso en las plantas el análisis de varianza muestra una interacción positiva entre el tipo de sustrato utilizado y la fertilización, en plantas evaluadas a los 90 días después del trasplante ($F=3.42$; $p=0.0332$) y a los 180 días después del trasplante ($F=9.5$; $p=0.0003$).

El mayor contenido de manganeso para plantas muestreadas a los 90 días después del trasplante se encuentra en los tratamientos T1 = (cascarilla de arroz + Hochmuth y Hochmunth) $100.83 \text{ mg.Kg}^{-1}$ y T3= (cascajo + Hochmuth y Hochmunth) $112.61 \text{ mg.Kg}^{-1}$. En tanto que el resto de tratamientos varía entre 53.04 mg.Kg^{-1} y 84.99 mg.Kg^{-1} .

Plantas evaluadas a los 120 días después del trasplante muestran mayor contenido de manganeso en los tratamientos T1 = (cascarilla de arroz + Hochmuth y Hochmunth) $112.66 \text{ mg.Kg}^{-1}$ y T3= (cascajo + Hochmuth y Hochmunth) $117.84 \text{ mg.Kg}^{-1}$. En tanto que el resto de tratamientos se encuentra entre 57.41 mg.Kg^{-1} y 92.80 mg.Kg^{-1} .

4.1.4.7 Calcio

Tabla 23

*Promedio \pm error estándar de la concentración de Potasio tomado a los 120 días después del trasplante y calcio muestreado a los 90 días y 120 días después del trasplante en tomate riñón (*Lycopersicon esculentum* Mill), cultivado en cuatro tipos de sustratos con dos fertilizaciones*

Sustrato	P en plantas muestreadas a los 120 días después del trasplante (g. Kg-1)	Ca plantas muestreadas a los 90 días después del trasplante (g.Kg-1)	Ca plantas muestreadas a los 120 días después del trasplante (g. Kg-1)
Cascarilla	$5,28 \pm 0,26$ a	$15,78 \pm 1,32$ b	$22,15 \pm 0,99$ a
Cascajo	$5,45 \pm 0,32$ a	$19,11 \pm 0,43$ a	$21,99 \pm 0,85$ a
Tierra Negra	$5,34 \pm 0,20$ a	$18,19 \pm 1,04$ b	$21,42 \pm 0,39$ a
Mezcla	$3,49 \pm 0,26$ b	$16,80 \pm 0,56$ b	$17,34 \pm 0,78$ b

*Medias de una columna seguidas por una misma letra, no son significativamente diferentes (DGC; $p \leq 0.05$).

El análisis de varianza no muestra una interacción significativa para los factores sustrato x fertilizante en la cantidad de calcio contenido por la planta a los 90 días ($F=1.62$; $p=0.2077$) y a los 120 días ($F=1.43$; $p=25.93$) después del trasplante.

Plantas evaluadas a los 90 ($F=6.99$; $p=0.0015$) días después del trasplante muestran una menor absorción de calcio en el sustrato combinación de 33.3% de cascarilla de arroz, 33.3% de tierra negra, 33.3% de cascajo 17.34 g. Kg^{-1} , el resto de sustratos muestra una absorción entre 21.15 g. Kg^{-1} y 21.99 g. Kg^{-1} .

En las muestras tomadas a los 120 días después del trasplante se observa que el contenido de calcio en el sustrato cascajo 19.11 g. Kg^{-1} es mayor al resto de sustratos que varían de 15.78 g. Kg^{-1} a 18.19 g. Kg^{-1} ($F= 4.06$; $p=0.0182$).

4.1 Discusión

El cultivo semi hidropónico de tomate riñón (*Lycopersicum sculentum Mill*), es muy exigente en cuanto a nutrición por ello se ha evaluado diferentes propuestas nutricionales y su interacción con los sustratos en que se cultivan.

Los sustratos que se usan para cultivos semi hidropónicos deben cumplir con las siguientes características, conductividad eléctrica entre $0 - 1.0 \text{ dS.m}^{-1}$, densidad aparente $< 0.75 \text{ g.cm}^3$, porosidad total $> 70\%$ en volumen, capacidad de retención de humedad entre $55 - 70\%$, el tamaño de la partícula en base al peso de $10 - 2 \text{ mm}$ debe ser $< 20\%$; entre $2 - 0.5 \text{ mm}$ debe ser $> 60\%$; y un 20% de partículas $< 0.5 \text{ mm}$, y el pH debe mantenerse entre un rango de 5 a 6.5. (Cabrera, 1999) (Puertas & D., 2009). El sustrato que mejor coincide con los parámetros antes descritos es la combinación (1:1:1) cascarilla, cascajo y tierra negra, mismo que muestra un mayor peso promedio de los frutos en relación a los otros sustratos evaluados.

(Martínez, Valenzuela, Mendoza, Castro, & Armendáriz, 2016) establecen una altura de planta a los 90 días después del trasplante de 76.75 cm para plantas sembradas en una mezcla de cascarilla y arena, en la presente investigación se establece el mejor valor de altura para plantas cultivadas en cascajo 70.69 cm y cascarilla de arroz 74.31 cm medidas a los 80 días después del trasplante.

La cascarilla de arroz y el cascajo poseen buenas condiciones para el desarrollo vegetativo, por sus características físicas (Tabla 9), sin embargo autores recomiendan mejorar las características higroscópicas en la cascarilla de arroz para mejores resultados (Burés, 1997), (Quintero, González, & Flórez, 2006).

Existe una correlación entre el desarrollo de la planta y la concentración de nitrógeno y clorofilas de la misma. (Rodríguez, Alcántar, Aguilar, Etchevers, & Santizó, 1998), en el presente estudio encontramos que el T8= (1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra y cascajo + Mattson y Peters) mostró una mayor cantidad de clorofila α , β y clorofila total $31,75 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ $23,25 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ $54,98 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ que el resto de tratamientos, coincidiendo con Rodríguez ya que la fertilización Mattson y Peters contiene más nitrógeno que la otra propuesta de fertilización.

En la presente investigación se muestra que las características productivas como diámetro del fruto, espesor del pericarpio y altura del fruto son mejores en la combinación (1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra y cascajo y en el sustrato cascarilla de arroz, resultado que se asemeja al obtenido en plantas cultivadas en lana de roca y fibra de coco (Luitel, Adhikari, Yoon, & Kang, 2012), las características físico químicas de estos dos sustratos se asemejan mucho a las de cascarilla de arroz.

Los nutrientes muestran una reducción en la concentración de la planta cuando están en fase vegetativa y pasa a fase de producción. En el nitrógeno pasan del 0.5% al 1% en el fosforo la reducción es del 0.1% al 0.2%, y en el potasio entre 0.5% y 0.7%, estos resultados están en relación a los datos obtenidos en las mediciones a los 90 días y 120 días después del trasplante (Mahmoud,

y otros, 2006) la mayor parte de los tratamientos encuadran en los rangos de suficiencia, excepto en las plantas cultivadas en combinación (1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra y cascajo que tiene 0.1% menos concentración de magnesio. De la misma manera el calcio es menor a los parámetros en todos los tratamientos variando de 14.51 g.Kg^{-1} y 22.47 g.Kg^{-1} mismos que deberían estar entre 20 g.Kg^{-1} y 60 g.Kg^{-1} esto puede ser debido a que el calcio compite con otros iones cargados positivamente, como el sodio (Na^+), potasio (K^+) y magnesio (Mg^{+2}) (Smart fertilizer, 2019).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La producción más alta de tomate riñón 89.16 Mg.Ha^{-1} se obtuvo en plantas cultivadas en (1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra y cascajo.
- Plantas fertilizadas con Hochmuth y Hochmunth obtuvieron mayor producción 81.16 Mg.Ha^{-1} .
- Las mejores características productivas se obtuvieron en plantas cultivadas en combinación (1:1:1) cascarilla de arroz, tierra negra y cascajo.
- Características productivas mejores se obtuvieron en plantas fertilizadas con Hochmuth y Hochmunth.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda evaluar diferentes proporciones de tierra negra cascarilla y cascajo.
- Realizar ensayos con diferentes híbridos de tomate riñón para ver la adaptabilidad a la solución nutritiva y sustrato
- Probar el ensayo con un sistema recirculante de nutrientes para estudiar el comportamiento de los sustratos y la solución nutritiva.

5.3 Bibliografía

- Abad, M. (1993). Sustratos. Características y propiedades. *Instituto de Estudios Almerienses.*, 47-62.
- Arcy, W. (1979). The clasification of the Solanaceae. *The Biology and Taxonomy of the Solanaceae. Academic Press*, 3-47.
- Asher, C., & Edwards, D. (1983). Modern solution culture techniques. *Encyclopedia of Plant Physiology*, 94-119.
- Baixauli, C., & Aguilar, J. (2002). *Cultivo sin suelo de hortalizas: aspectos prácticos y experiencias*. España: Generalitat Valencia.
- Basheer, M., & Agrawal, O. (2013). Effect of vermicompost on the growth and productivity of tomato plant (*Solanum lycopersicum*) under field conditions. *International Journal of Recent Scientific*, 247-249.
- Bauerle, W. (1984). *Bag Culture Production of Greenhouse Tomatoes*. Stenburb: Greenhouse.
- Beltrano, J., & Gimenez, D. (2015). *Cultivo de Hidroponia* . La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de la Plata.
- Berrios, M.; Arredondo, C.; Tjalling, H. . (2007). Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Especialidad. *SQM*, 1-84.
- Burés, S. (1997). *Sustratos*. Madrid: Agrotécnicas S.L. .
- Cabrera, R. I. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la produccion de plantas en maceta. *Revista Chapingo serie horticultura*, 5-11.
- Calderón, F., & Cevallos, F. (2002). *Los Sustratos*. Bogotá: DRCARDERONLABS.
- Canovas, F., & Díaz, J. (1993). *Cultivos Sin suelo*. Almería: Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería.

- Carrasco, G., & Ramirez, P. V. (2007). Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en nft. *IDESI*, 59-62.
- Castro, W. (2017). Producción de fresa semi hidropónico en fresa. *Universidad federal de Matogroso*, 45-47.
- Cornillon, P. (1988). Influence of root temperature on tomato growth and nitrogen nutrition. *Acta Horticola*, 211-218.
- Dobričević, N., Voća, S., & Novak, B. (2008). Effects of substrate on tomato quality. *Acta Horticulturae*, 485-490.
- Escalona, V., Alvatado, P., Monardes, H., Urbina, C., & Martin, A. (2009). *Manual de cultivo del tomate riñón (Lycopersicum Sculentum Mill)*. Chile: Hernan Morades.
- Esquinas, J., & Nuez, V. (1995). *Anatomía y fisiología de la planta. En: El cultivo del tomate*. México: Mundi-Prensa.
- FAO. (15 de noviembre de 2002). “*Manual práctico. MIP y enfermedades en cultivos hidropónicos en invernadero*”. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/alc/file/media/pubs/2002/mip.pdf>,
- Gil, F. (1995). *Elementos de Fisiología Vegetal*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Gras, R. (1983). *Algunas propiedades físicas de sustratos hortícolas*. PHM Society.
- Graves, C. (1983). *The nutrient film technique*. California : Jules Janick.
- Herrero, B., Blázquez, M., & Cristóbal, M. (2014). Agronomic parameters assessment in hydroponic tomato crop. *Horticultura Brasileira*, 385-390.
- Hochmuth, G. J., & Hochmuth, R. C. (2012). Nutrient Solution Formulation for Hydroponic (Perlite , Rockwool, NFT) Tomatoes in Florida. . *Soil and Water*, 1-11.

- INEC. (2014). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC. *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC* (pág. 64). Quito: INEC.
- Juarez, M., Baca, G., Aceves, L., Sanchez, P., Tirado, J., Castellanos, J., & M., C. (2006). Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia*, 246-253.
- Klapwijk, D. (1986). Production of tomato transplants in The Netherlands. *Acta Hor*, 505-510.
- Lara, H. (1999). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra*, 2-9.
- Luitel, B., Adhikari, P., Yoon, C., & Kang, W. (2012). Yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Cultivars established at different planting bed size and growing substrates. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 102-107.
- Mahmoud, M., Shaaban, Abdalla, E, F., E, A., A, E.-Z., . . . M., A. d. (2006). Boron/Nitrogen Interaction Effect on Growth and Yield of Faba Bean Plants Grown under Sandy Soil Conditions. *International Journal of Agricultural Research*, 322-330.
- Martínez, L., Valenzuela, C., Mendoza, J., Castro, E., & Armendáriz, B. (2016). Efficiency of substrates in soil and hydroponic system. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 643-653.
- Martínez, P. F., & Roca, D. (2011). *Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. Sustratos, Manejo Del Clima, Automatización Y Control En Sistemas de Cultivo Sin Suelo.*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Marulanda, C., & Izquierdo, J. (2003). La Huerta Hidropónica Popular. *FAO*, 131-142.
- Mattson, N. S., & Peters, C. (2014). A Recipe for Hydroponic Success. *Inside Grower.*, 16-19.

- Mohammad, H., Hossein, A., Hamid, N., & Abolfazl, T. (2012). Investigation of different levels micro nutrients on tomato in hydroponic culture system. *Annals of Biological Research*, 5409-54012.
- Molina, L., & Córdova. (2006). *recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura. Informe Nacional*. México : Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Ortega Martínez, L. M., Ocampo Mendoza, J., Sandoval Castro, E., & Pérez Armendáriz, B. (2017). Eficiencia de sustratos en el sistema hidropónico y de suelo para la producción de tomate en invernadero. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas* , 643.
- Otuna, R. (2012). *Analisis del rendimiento de fresa (Fragaria Chiloensis L, Dcuh) sometida a tres sustratos en sistema semi hidropónico, en canales de polietileno*. Imbabura: Universidad técnica de Babahoyo.
- Pérez, F., Hurtado, G., Aparecido, V., Argueta, Q., & Larín, M. (2003). *Guia tecnica CULTIVO DE TOMATE* . El Salvador: IICA.
- Pérez, J., Santos, B., Rios, D., Cruz, J., & Trijillo, L. (2008). Absorción de macronutrientes en tomate de exportación cultivado en picón (ceniza volcánica) en Tenerife (Islas Canarias). *Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural*, 14-30.
- Puertas, A., & D., L. H. (2009). Efecto de diferentes abonos orgánicos sobre el establecimiento de *Pochonia chlamydosporia* var. *Catenulata* en el sustrato y la rizosfera de plantas de tomate. *Rev. Protec.*, 162-165.
- Quintero, M., González, M., & Flórez, V. (2006). Physical and hydraulic properties of four substrates used in the cutflower industry in Colombia. *Acta Horticulturae*, 499-506.

- Resh, H. (2001). *Cultivos Hidropónicos, Nuevas técnicas de Producción. Departamento de Ciencia de las Plantas. . Vancouver: Mundi Prensa.*
- Robredo, P., Quiroga, M., & Echazú, R. (2017). *Análisis comparativo de soluciones nutritivas en cultivos hidropónicos en invernadero.* Buenos Aires. : Universidad Nacional de Salta Buenos Aires.
- Rodríguez, M., Alcántar, G., Aguilar, A., Etchevers, J., & Santizó, J. (1998). Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra*, 135-141.
- Rutledge, A. (15 de noviembre de 1998). *Commercial Greenhouse Tomato Production.* Obtenido de University of Tennessee: <https://extension.tennessee.edu/publications/Documents/pb1609.pdf>
- Sánchez, F., Moreno, E., Morales, A., Peña, A., & Colinas, M. (2012). DENSIDAD DE POBLACIÓN Y VOLUMEN DE SUSTRATO EN PLÁNTULAS DE JITOMATE (*Lycopersicum lycopersicon* Mill.). *Agrociencia*, 255-266.
- Sánchez, F., Moreno, E., Pineda, J., Osuna, J., Rodríguez, J., & Osuna, T. (2014). Producción hidropónica de jitomate (*solanum lycopersicum* L.) con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Universidad Autónoma Chapingo. Agrociencia.* , 185-197.
- Smart fertilizer. (14 de Noviembre de 2019). *El Calcio en las Plantas.* Obtenido de Smart fertilizer managment: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/calcium-in-plants>
- Urrestarazo, M. (2004). *Tratado de cultivo sin suelo.* España: Mundi prensa.
- Villareal, V. (2018). *Evaluación de las condiciones climáticas y fuentes de boro, para la germinación in vitro de polen en frutilla (fragaria x ananassa) variedad festival.*

Determinación de metales pesados en miel de abeja para su evaluación como indicador .

Quito: UFA- ESPE.

Yépez. (2018). Evaluación de un método no destructivo para determinar el contenido de nitrógeno foliar en fragaria vesca Var festival. *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.*, 10-15.