

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

### **EVALUACIÓN FENOLÓGICA Y RENDIMIENTO DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO, EN SUELO ACOLCHADO E HIDROPÓNICO, PARA 2 CULTIVARES DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum*, Mill)**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**ROBERTO HUGO GUANOLUISA YUPA**  
roberto.guanoluisa@hotmail.com

**DIRECTOR: ING. BOLÍVAR ALFREDO MANTILLA PAREDES**  
bolivar.mantilla@yahoo.com

**CO-DIRECTORA: ING. MARY FERNANDA CASA VILLEGAS**  
mary.casa@epn.edu.ec

**Quito, julio 2014**

© Escuela Politécnica Nacional 2014  
Reservados todos los derechos de reproducción

## **DECLARACIÓN**

Yo, Roberto Hugo Guanoluisa Yupa, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Roberto Hugo Guanoluisa Yupa

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Roberto Hugo Guanoluisa Yupa, bajo mi supervisión.

---

Ing. Bolívar Mantilla  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

Ing. Mary Casa  
**CO-DIRECTORA DE PROYECTO**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, que atento a mis súplicas y oraciones, supo proveerme de fortaleza, entereza, dedicación, tranquilidad, consuelo, fe y sobre todo paciencia para lograr la consecución del presente trabajo. Su inveterado apoyo fue la mejor arma para palear el pesimismo, desánimo y demás sentimientos negativos que se tornan habituales en los momentos más difíciles de la elaboración de un proyecto.

Padre Santo, gracias totales.

A mis dos padres, José Hugo y María Luisa quienes han hecho un esfuerzo sobrehumano en asegurar un mejor futuro a todos sus hijos, dándonos un ejemplo del verdadero sentido de responsabilidad y amor inquebrantable. Siempre supieron alentarme, escucharme y sugerirme valiosos consejos y constituyen un apoyo fundamental en especial en mis malos momentos. Hoy más que nunca, este trabajo es más de ustedes que de mí.

Papá y mamá, muchísimas gracias.

Al Ing. Bolívar Mantilla y a la Ing. Mary Casa, quienes a más de ser directores del presente proyecto, fueron una guía, cuyos consejos fueron un valioso aporte que contribuyo a la solidez técnica del presente documento.

A Becky, a quién conocí como consecuencia de una feliz coincidencia. Ahora forma un pilar importante en mi vida, mostrándome a diario el significado de la paciencia y el verdadero amor.

Gracias princesa.

A Carlos, Wladimir, Mary, Carla, Eveling y demás amigos que además de ser fieles escuchas a mis quejas transitorias, pusieron el toque de humor, tan esencial para no perder de mira la consecución de una meta.

A todas las personas quienes de una u otra manera colaboraron desinteresadamente con su granito de arena en la elaboración de la tesis.

## DEDICATORIA

*A José y María, mis 2 robles incansables.  
Porque también somos los que hemos perdido.  
(Alejandro González Iñárritu)*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>x</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xii</b>
<b>1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>1</b>
1.1 Generalidades del cultivo de tomate	1
1.2 Fisiología del tomate	2
1.2.1 Fecundación	2
1.2.2 Cuajado de fruto	5
1.2.3 Crecimiento de fruto	6
1.3 Sistemas de producción de tomate	7
1.3.1 Acolchado plástico (Plastic mulch)	7
1.3.1.1 Ventajas principales del acolchado plástico	7
1.3.1.2 Desventajas del acolchado plástico	9
1.3.2 Nutrient Film Technique (N.F.T.)	10
1.3.2.1 Ventajas principales del sistema N.F.T.	11
1.3.2.2 Desventajas del sistema N.F.T.	12
1.3.2.3 Consideraciones generales para el sistema N.F.T.	13
1.3.3 Otros sistemas de producción hidropónica	17
1.3.3.1 Sistema de raíz flotante	17
1.3.3.2 Sistema hidropónico en medio inorgánico	18
1.4 Cultivares de tomate	20
<b>2 PARTE EXPERIMENTAL</b>	<b>22</b>
2.1 Materiales	22
2.1.1 Instalaciones, equipos y material vegetal	22
2.1.2 Fertilizantes, enmiendas y plaguicidas	22
2.1.3 Ubicación y fecha en que se realizó el ensayo	23
2.1.4 Riego y fertilización	23
2.1.5 Marco de plantación	25
2.1.6 Manejo del cultivo	25
2.1.7 Diseño experimental	26
2.2 Evaluación fenológica de los dos cultivares en dos sistemas de producción	27
2.3 Determinación del rendimiento de tomate cultivado en los dos sistemas de producción	28

2.4	Determinación de la evaluación económica para los dos sistemas de producción	28
<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>29</b>
3.1	Fenología del cultivo	29
3.2	Distancia al primer ramillete floral	30
3.2.1	Análisis estadístico para la distancia al primer ramillete floral	30
3.2.2	Cultivar	32
3.2.3	Disponibilidad de nutrientes	32
3.2.4	Temperatura ambiental	35
3.3	Diámetro de la planta en tres secciones	35
3.3.1	Análisis estadístico de datos para el diámetro de la planta en tres secciones	36
3.4	Longitud total de la planta	41
3.4.1	Análisis estadístico de datos para la longitud de la planta al decimo racimo	42
3.5	Rendimiento	45
3.5.1	Análisis estadístico de datos para el rendimiento	45
3.6	Evaluación económica para ambos sistemas de producción	53
3.6.1	Evaluación económica para producción de tomate en suelo acolchado	53
3.6.1.1	Ingresos por ventas de tomate en suelo acolchado	53
3.6.1.2	Costos variables de producción para producción de tomate en suelo acolchado	54
3.6.1.3	Costos fijos de producción para producción de tomate en suelo acolchado	55
3.6.1.4	Inversión inicial para producción de tomate en suelo acolchado	55
3.6.1.5	Inversión de reemplazo, en capital de trabajo y financiamiento para producción de tomate en suelo acolchado	56
3.6.1.6	Flujo de caja para producción de tomate en suelo acolchado	57
3.6.2	Evaluación económica para producción de tomate en N.F.T.	60
3.6.2.1	Ingresos por ventas de tomate en sistema N.F.T.	60
3.6.2.2	Costos fijos y variables de producción de tomate en N.F.T.	60
3.6.2.3	Inversión inicial para producción de tomate en N.F.T.	61
3.6.2.4	Inversión de reemplazo, en capital de trabajo y financiamiento para producción de tomate en N.F.T.	62
3.6.2.5	Flujo de caja para producción de tomate en N.F.T.	63

<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>67</b>
4.1	Conclusiones	67
4.2	Recomendaciones	70
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>71</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>81</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
<b>Tabla 1.1.</b>	Componentes y concentración de la solución nutritiva para tomate en N.F.T. para estado reproductivo	15
<b>Tabla 2.1.</b>	Análisis básico de suelo correspondiente a la parcela acolchada	24
<b>Tabla 2.2.</b>	Análisis básico de agua de pozo para riego	24
<b>Tabla 2.3.</b>	Composición (ppm) de la solución nutritiva para los estados vegetativo y reproductivo de tomate utilizada para las parcelas acolchada e hidropónica	25
<b>Tabla 3.1.</b>	Estados fenológicos de la planta de tomate durante el ciclo de cultivo para ambos sistemas de producción	29
<b>Tabla 3.2.</b>	Distancia (cm) al primer ramillete floral	30
<b>Tabla 3.3.</b>	Análisis de varianza para la distancia al primer ramillete floral	30
<b>Tabla 3.4.</b>	Test de rango múltiple de SNK para la distancia al primer ramillete floral	31
<b>Tabla 3.5.</b>	Demanda nutricional y cantidad de nutrientes suministrada (g/planta) al estado fenológico M <sub>1</sub>	33
<b>Tabla 3.6.</b>	Peso fresco de raíz y número de flores al primer ramillete floral	34
<b>Tabla 3.7.</b>	Diámetro (mm) del tallo de la planta en 3 diferentes secciones	36
<b>Tabla 3.8.</b>	Análisis de varianza para diámetro del tallo al primer racimo floral	36
<b>Tabla 3.9.</b>	Test de rango múltiple de SNK para diámetro del tallo al primer racimo	37
<b>Tabla 3.10.</b>	Análisis de varianza para diámetro de tallo al quinto racimo	38
<b>Tabla 3.11.</b>	Test de rango múltiple de SNK para diámetro del tallo al quinto racimo	38
<b>Tabla 3.12.</b>	Análisis de varianza para diámetro del tallo al décimo racimo	39
<b>Tabla 3.13.</b>	Test de rango múltiple de SNK para diámetro del tallo al décimo racimo	40
<b>Tabla 3.14.</b>	Altura de la planta (m) al décimo racimo	42
<b>Tabla 3.15.</b>	Análisis de varianza para altura de la planta al décimo racimo	42

<b>Tabla 3.16.</b>	Test de rango múltiple de SNK para altura de la planta al décimo racimo	43
<b>Tabla 3.17.</b>	Rendimiento de ambos cultivares de tomate para cada sistema de producción	45
<b>Tabla 3.18.</b>	Análisis de varianza para número de frutos por racimo	46
<b>Tabla 3.19.</b>	Test de rango múltiple de SNK para número de frutos por racimo	46
<b>Tabla 3.20.</b>	Análisis de varianza para peso de fruto	47
<b>Tabla 3.21.</b>	Test de rango múltiple de SNK para peso de fruto	48
<b>Tabla 3.22.</b>	Análisis de varianza para diámetro ecuatorial del fruto	49
<b>Tabla 3.23.</b>	Test de rango múltiple de SNK para diámetro ecuatorial del fruto	49
<b>Tabla 3.24.</b>	Análisis de varianza para diámetro polar del fruto	50
<b>Tabla 3.25.</b>	Test de rango múltiple de SNK para diámetro polar del fruto	50
<b>Tabla 3.26.</b>	Rendimiento registrado en un ensayo en suelo para el cultivar Syta	53
<b>Tabla 3.27.</b>	Datos iniciales e ingresos por ventas para producción de tomate en suelo acolchado	54
<b>Tabla 3.28.</b>	Costos variables de producción (USD) para producción de tomate en suelo acolchado	54
<b>Tabla 3.29.</b>	Costos fijos de producción (USD) de tomate para producción de tomate en acolchado	55
<b>Tabla 3.30.</b>	Inversiones iniciales para producción de tomate en suelo acolchado	56
<b>Tabla 3.31.</b>	Financiamiento y capital propio (USD) para producción de tomate en suelo acolchado	57
<b>Tabla 3.32.</b>	Flujo de caja (USD) para producción de tomate en suelo acolchado	58
<b>Tabla 3.33.</b>	Datos iniciales e ingresos por ventas para producción de tomate en N.F.T.	60
<b>Tabla 3.34.</b>	Costos variables de producción (USD) para producción de tomate en N.F.T.	61
<b>Tabla 3.35.</b>	Inversiones iniciales para producción de tomate en N.F.T.	62

<b>Tabla 3.36.</b>	Financiamiento y capital propio (USD) para producción de tomate en N.F.T.	63
<b>Tabla 3.37.</b>	Flujo de caja (USD) para producción de tomate en N.F.T.	64
<b>Tabla AIII.1.</b>	Mano de obra para la producción de tomate en suelo acolchado	94
<b>Tabla AIII.2.</b>	Insumos necesarios para la producción de tomate en suelo acolchado	95
<b>Tabla AIII.3.</b>	Capital de trabajo (USD) para producción de tomate en suelo acolchado	96
<b>Tabla AIII.4.</b>	Inversión de reemplazo (USD) para la producción de tomate en suelo acolchado	97
<b>Tabla AIV.1.</b>	Mano de obra para la producción de tomate en N.F.T.	98
<b>Tabla AIV.2.</b>	Insumos necesarios para la producción de tomate en N.F.T.	99
<b>Tabla AIV.3.</b>	Capital de trabajo (USD) para la producción de tomate en N.F.T.	100
<b>Tabla AIV.4.</b>	Inversión de reemplazo (USD) para la producción de tomate en N.F.T.	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.1.</b>	Flor de tomate y su polinización	3
<b>Figura 1.2.</b>	Anatomía de un fruto de tomate con estructura: (a) bilocular y (b) multilocular	5
<b>Figura 1.3.</b>	Uso de acolchado plástico en el cultivo de tomate	8
<b>Figura 1.4.</b>	Diseño general de un sistema N.F.T.	11
<b>Figura 1.5.</b>	Efecto del pH en la disponibilidad de elementos de la solución nutritiva	14
<b>Figura 1.6.</b>	Sistema de raíz flotante para cultivo de lechuga	17
<b>Figura 1.7.</b>	Cubo de lana de roca sobre una bolsa con perlita	18
<b>Figura 1.8.</b>	Contenedores con perlita	19
<b>Figura 1.9.</b>	Cultivo de tomate en planchas de lana de roca	20
<b>Figura 3.1.</b>	Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para la distancia al primer ramillete floral	31
<b>Figura 3.2.</b>	Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para el diámetro del tallo al primer racimo	37
<b>Figura 3.3.</b>	Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para el diámetro del tallo al quinto racimo	39
<b>Figura 3.4.</b>	Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para el diámetro del tallo al décimo racimo	40
<b>Figura 3.5.</b>	Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para la longitud de la planta	43
<b>Figura 3.6.</b>	Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para el número de frutos por racimo	47
<b>Figura 3.7.</b>	Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para el peso de fruto	48
<b>Figura 3.8.</b>	Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para el diámetro polar de fruto	51
<b>Figura AII.1.</b>	Prueba de Shapiro-Wilks para la distancia al primer ramillete floral	85

<b>Figura AII.2.</b>	Prueba de Levene para la distancia al primer ramillete floral	86
<b>Figura AII.3.</b>	Prueba de Shapiro-Wilks para el diámetro del tallo al quinto racimo	87
<b>Figura AII.4.</b>	Prueba de Levene para el diámetro del tallo al quinto racimo	87
<b>Figura AII.5.</b>	Prueba de Shapiro-Wilks para el diámetro del tallo al décimo racimo	88
<b>Figura AII.6.</b>	Prueba de Levene para el diámetro del tallo al décimo racimo	88
<b>Figura AII.7.</b>	Prueba de Shapiro-Wilks para la longitud de la planta	89
<b>Figura AII.8.</b>	Prueba de Levene para la longitud de la planta	89
<b>Figura AII.9.</b>	Prueba de Shapiro-Wilks para el número de frutos por racimo	90
<b>Figura AII.10.</b>	Prueba de Levene para el número de frutos por racimo	90
<b>Figura AII.11.</b>	Prueba de Shapiro-Wilks para el peso de fruto	91
<b>Figura AII.12.</b>	Prueba de Levene para el peso de fruto	91
<b>Figura AII.13.</b>	Prueba de Shapiro-Wilks para el diámetro ecuatorial de fruto	92
<b>Figura AII.14.</b>	Prueba de Levene para el diámetro ecuatorial de fruto	92
<b>Figura AII.15.</b>	Prueba de Shapiro-Wilks para el diámetro polar de fruto	93
<b>Figura AII.16.</b>	Prueba de Levene para el diámetro polar de fruto	93

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I</b> Características generales de los productos químicos que se utilizaron para control fitosanitario durante el ensayo	82
<b>ANEXO II</b> Confirmación de supuestos previos a la realización del ANOVA	84
<b>ANEXO III</b> Cálculos previos para la elaboración del flujo de caja para producción de tomate en suelo acolchado	94
<b>ANEXO IV</b> Cálculos previos para la elaboración del flujo de caja para producción de tomate en N.F.T.	98

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de dos sistemas de producción bajo invernadero, en suelo acolchado e hidropónico N.F.T., sobre la fenología y el rendimiento de dos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Para efectos de estudio, plantines de tomate de los cultivares Sheila y Syta se trasplantaron a suelo acolchado y sistema hidropónico N.F.T. de tal manera que se constituyeron 4 tratamientos: acolchado – Sheila, acolchado – Syta, N.F.T. – Sheila y N.F.T. – Syta. El diseño experimental que se utilizó fue un factorial  $2^2$ , en el cual las variables de diseño fueron: sistema de producción y cultivar.

Para la evaluación fenológica de cada tratamiento se realizaron las siguientes mediciones: distancia al primer ramillete floral, diámetro del tallo de la planta al primer, quinto y décimo racimo, y altura de la planta al décimo racimo floral. La evaluación del rendimiento se realizó a través de: el número de frutos por racimo, el peso de fruto, así como el diámetro ecuatorial y el diámetro polar del fruto. Además, se realizó la evaluación económica para suelo acolchado y sistema hidropónico N.F.T.

Las distancias al primer ramillete reportadas por los cultivares en suelo acolchado fueron mayores que en sistema hidropónico. La distancia que se registró en el tratamiento Sheila – acolchado fue mayor con 3 cm a Sheila – N.F.T., Syta – acolchado reportó una distancia de 27 cm, siendo esta medición mayor con 1 cm a la distancia que se registró con Syta en N.F.T.

Respecto a la medición del diámetro del tallo, las plantas en suelo acolchado mostraron una disminución debido principalmente a la baja disponibilidad de nutrientes que desde el complejo suelo se aportó para los estados fenológicos  $M_3$  y  $M_4$ , no así con las plantas en el sistema hidropónico N.F.T., en el cual se observó que el diámetro del tallo se mantuvo a lo largo de todo el proceso fenológico. El cultivar Sheila en N.F.T., reportó un diámetro de tallo al primer racimo de 10 mm y mediciones cercanas se registraron para el diámetro al quinto

y décimo racimo. Los diámetros del tallo en el tratamiento Syta – N.F.T. al primer, quinto y decimo racimo fueron 11, 12 y 11 mm respectivamente.

Los cultivares Sheila y Syta que se desarrollaron en el sistema N.F.T. lograron mayores alturas al décimo racimo floral. Sheila registró una altura de 2,42 m y Syta logró una altura de 2,56 m.

El sistema de producción no tuvo influencia sobre el número de frutos por racimo, no así con el peso de fruto. Sheila – acolchado registró 6 frutos por racimo, cada fruto con un peso aproximado de 160 g. Sheila - N.F.T., reportó 6 frutos por racimo con un peso de 180 g por fruto. El cultivar Syta registró 5 frutos por racimo en ambos sistemas de producción, sin embargo el peso de fruto si varió de un sistema a otro, en suelo acolchado el peso del fruto fue 195 g mientras que en N.F.T., el peso del fruto fue 240 g.

Para la evaluación económica de cada sistema de producción, se realizó el flujo de caja correspondiente a suelo acolchado y N.F.T. para luego calcular los indicadores T.I.R. y V.A.N. En suelo acolchado se obtuvo una T.I.R. de 10 % y V.A.N. de 39 917,87 USD, mientras que para el sistema N.F.T. dichos valores fueron de 23 % y 100 943,20 USD, por lo que ambos sistemas de producción, se mostraron como proyectos aceptables.

## INTRODUCCIÓN

El mercado de tomate de mesa en Ecuador ha presentado en la última década cambios significativos que ha provocado que el precio de este “commodity” muestre variaciones muy marcadas en el precio (SINAGAP, 2013), además el aumento en los precios de fertilizantes y plaguicidas, así como de materiales directos como el plástico de polietileno han determinado que el mercado sufra cambios entre la oferta y demanda presionando al sistema comercial a realizar importaciones de tomate que presionan al precio hacia la baja provocando un impacto negativo al segmento de productores locales que siguen en la actividad productiva (Cáceres Hernández, 2000, p. 171; Jaramillo Sánchez, Rodríguez, Aguilar, Zapata y Guzmán, 2013, p. 306)

Es por este motivo que muchos agricultores han decidido salir del negocio mientras que otros apuestan a mejorar su cadena comercial que les permita evitar al intermediario dentro de su estrategia por obtener un mejor precio (Ceccon, 2008, p. 8). Sin embargo la mayoría de productores de tomate no consideran la posibilidad de cambiar el sistema de producción, cuyos beneficios se puede citar entre otros aumentar su rendimiento, optimizar recursos y disminuir costos de producción (Cih-Dzul, Jaramillo-Villanueva, Tornero-Campante y Schwentesius-Rindermann, 2011, p. 504).

Es por este motivo que la razón de ser de esta investigación busca contribuir con elementos de juicio, técnicos y económicos para la producción de tomate a través de la evaluación agrícola de dos sistemas de producción bajo invernadero, en suelo acolchado e hidropónico para dos cultivares de tomate buscando cumplir con los siguientes objetivos:

### Objetivo general

- Evaluar el comportamiento fenológico y el rendimiento de dos cultivares de tomate producidos en suelo acolchado e hidropónico bajo invernadero.

Objetivos específicos:

- Evaluar el comportamiento fenológico (crecimiento y desarrollo) de 2 cultivares de tomate sembrados en los dos sistemas de producción.
- Determinar el rendimiento de tomate cultivado en los dos sistemas de producción.
- Realizar una evaluación económica para los dos sistemas de producción.

# 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE TOMATE

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una planta dicotiledónea que pertenece a la familia de las solanáceas. Sus flores son radiales y con cinco estambres, su fruto es una baya, posee semillas de tipo discoidal y con embrión enrollado. Constituye una planta perenne cultivada como anual. La arquitectura de la planta se presenta con un tallo principal con inflorescencias internodales laterales cada tres hojas. Existen variedades denominadas “determinadas” cuyo crecimiento se limita a una cierta altura en la cual el brote apical deja de desarrollarse, mientras que en las variedades conocidas como “indeterminadas” el crecimiento y desarrollo por parte del brote apical continuará dependiendo del vigor y las condiciones sanitarias que le permitan a esta variedad seguir con el proceso de crecimiento y desarrollo vegetativo (Chamarro, 1995, pp. 45, 51, 59, 60).

El tomate es considerado a nivel mundial como una de las hortalizas de mayor importancia. Anualmente, se producen alrededor de 150 millones de toneladas de los cuales el 75 % se destina para consumo en fresco (ODEPA, 2012). En Ecuador para el año 2012 la superficie sembrada a nivel nacional fue 31,15 km<sup>2</sup>, con una producción de 62 956 TM y las ventas de 61 420 TM (INEC, 2013). Se estima que un 30 % de la producción de tomate se realiza bajo cubierta plástica, siendo las provincias de Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Azuay los principales productores (SINAGAP, 2013).

Se estima que el consumo per cápita de tomate riñón en Ecuador para el año 2009 fue de 4 kg/persona, siendo un valor bajo dentro de la sociedad ecuatoriana si consideramos que países como Argentina consumen 16,9 kg/persona/año o en Chile que llegan a consumir 31,7 kg/persona/año (ODEPA, 2012).

El mercado nacional para la producción de tomate de mesa ha presentado en los últimos diez años variaciones marcadas en el precio de finca, registrando para el año 2004, el precio de 25 USD para la caja de 20 kg, para el año 2008 registró un precio de 14 USD, mientras que para el año 2013, el precio para la caja de 15 kg fue de 16 USD. Estas variaciones en el precio del producto han provocado que muchos productores agrícolas decidan cambiar su actividad, provocando una presión en el mercado que se refleja con un aumento exorbitante del precio o una caída del mismo debido a importaciones que se realizan para satisfacer la demanda del mercado ecuatoriano (SINAGAP, 2013).

## **1.2 FISIOLÓGÍA DEL TOMATE**

### **1.2.1 FECUNDACIÓN**

Chamarro (1995) señaló que “el proceso de fecundación comprende tres fases: la formación del grano de polen, la polinización y la fecundación propiamente dicha” (p. 64).

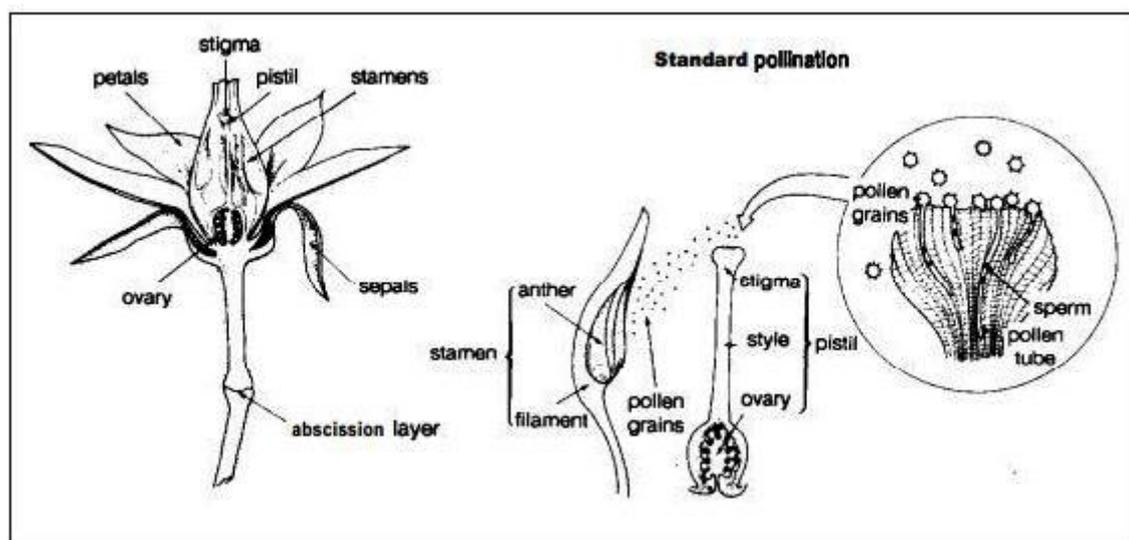
La formación del grano de polen empieza con la microesporogénesis, la cual comienza después de la iniciación de la primera flor. Cada una de las células madre de las microesporas se divide por meiosis en el saco polínico, dando como resultado una tétrada de microesporas haploides. Esta meiosis se produce entre 8 – 9 días antes de la antesis (Chamarro, 1995, p. 64; Sato, Peet, y Thomas, 2002, p. 1187).

Cada microespora que conforma la tétrada se convertirá en un grano de polen. El núcleo de cada microespora es desplazado por una vacuola central y se divide por mitosis para formar un núcleo vegetativo y un núcleo generativo, que después de la división se sitúa en el citoplasma de la célula vegetativa. Una vez en el tubo polínico, este núcleo generativo se divide nuevamente por mitosis para dar lugar a los 2 núcleos gaméticos. El polen alcanza su madurez en los cuatro días

siguientes a la antesis (Chamarro, 1995, p. 64; Hesse, Halbritter, Zetter, Weber, Buchner, Frosch-Radivo y Ulrich, 2009, pp. 35–36).

Un buen cuajado del fruto depende del número y la viabilidad de los granos de polen. La cantidad de granos de polen producidos, así como su calidad se ve afectada por condiciones ambientales adversas. Temperaturas ambientales fuera del intervalo óptimo de 18 °C a 20 °C disminuyen la calidad del polen, lo que resulta en un deficiente cuajado de fruto (Mazzucato, Taddei y Soressi, 1998, p. 107; Sato, Peet y Thomas, 2000, p. 719; Van Der Ploeg y Heuvelink, 2005, p. 654). Con temperaturas ambientales superiores a 40 °C, la meiosis es anormal y no se metabolizan los hidratos de carbono por la incapacidad de los granos de polen para almacenar almidón, lo que dificulta su desarrollo (Heuvelink, 2005, p. 69; Pressman, Peet y Pharr, 2002, p. 631).

La polinización es la transferencia de los granos de polen a la superficie del estigma. Se liberan los granos de polen, cuando se produce la dehiscencia de la antera 1 ó 2 días después de la antesis, a la superficie del estigma que permanece receptivo 2 días antes y 4 días después de la antesis (Chamarro, 1995, p. 65). En la Figura 1.1 se observa la polinización de la flor de tomate.



**Figura 1.1.** Flor de tomate y su polinización  
(Papadopoulos, 1991, p. 12)

Las condiciones ambientales óptimas para que los granos de polen se adhieran al estigma son humedad relativa del 60 % y temperatura entre 17 °C y 24 °C. El polen permanece dentro de la antera con humedades sobre el 90 %, en cambio en ambientes con una humedad inferior al 50 % los granos no se adhieren al estigma (Chamarro, 1995, p. 65; Heuvelink, 2005, p. 70; Sato et al., 2002, p. 719; Serrani, 2008, p. 1).

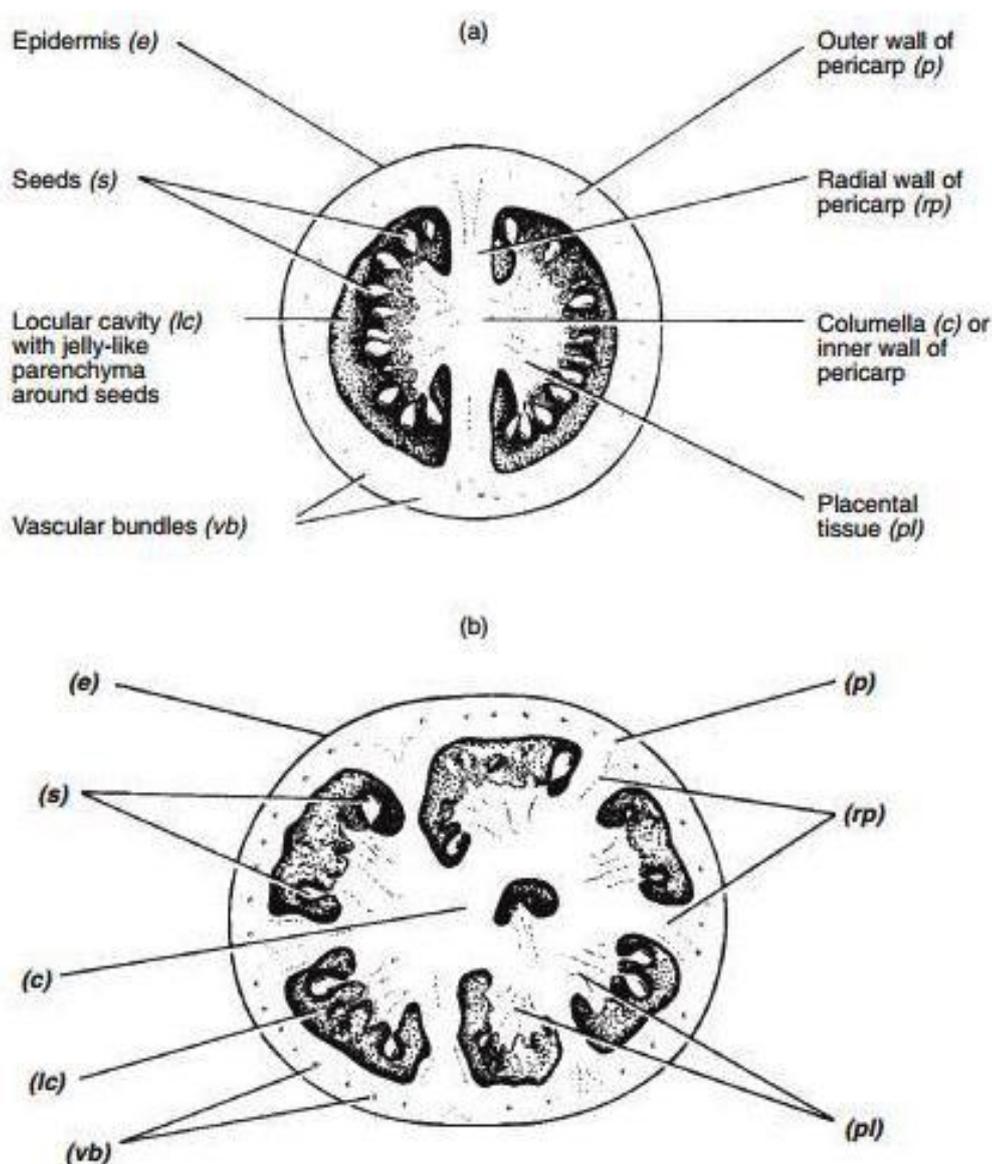
Un factor que determina una polinización exitosa es la longitud del estilo que resulta óptima cuando se ubica el estigma a la misma altura o por debajo del cono estaminal. La iluminación deficiente y altas temperaturas pueden provocar una excursión estigmática lo que provoca que los granos de polen no lleguen a la superficie del estigma, su posterior desecación y aborto de la flor por falta de fecundación (Heuvelink, 2005, p. 70; Ho y Hewitt, 1986, pp. 202–203).

Una vez en la superficie del estigma se produce la germinación del grano de polen, proceso que es sensible a la temperatura, debido a que conforme aumenta la misma, el tiempo de germinación disminuye. La temperatura ambiental óptima de germinación del tomate está entre 20 °C y 25 °C. La velocidad de crecimiento del tubo polínico cuando penetra en el estilo disminuye fuera del rango de temperatura de 10 °C a 37 °C lo que puede ocasionar un envejecimiento del óvulo (Nuez, Gil Ortega y Costa, 1996, p. 94; Vallejo Cabrera y Estrada Salazar, 2004, p. 49).

La fecundación tiene lugar cuando el tubo polínico penetra en el saco embrionario y los núcleos gaméticos realizan la doble fecundación. Es un proceso sensible a altas temperaturas ya que puede dañar al óvulo cuando se estaba dividiendo por mitosis en el estado de macrospora 9 días antes de la antesis (Chamarro, 1995, p. 66; Heuvelink, 2005, p. 70; Ho y Hewitt, 1986, pp. 203–204).

## 1.2.2 CUAJADO DE FRUTO

El fruto del tomate como se muestra en la Figura 1.2, es una baya con lóculos, semillas y un pericarpio carnoso. Una vez realizada la fecundación, las células que componen el pericarpio aumentan en tamaño, los lóculos crecen alrededor de los óvulos y la placenta que crece dentro de cada lóculo protegiendo a las semillas, pierde firmeza conforme madura el fruto (Heuvelink, 2005, pp. 72–73; Ho y Hewitt, 1986, p. 207).



**Figura 1.2.** Anatomía de un fruto de tomate con estructura: (a) bilocular y (b) multilocular (Heuvelink, 2005, p. 73)

Varias causas pueden provocar anomalías en el cuajado del fruto, como alteraciones en la polinización que puede producirse por condiciones ambientales como baja iluminación, limitado movimiento de la estructura vegetal y excesiva fertilización (Chamarro, 1995, p. 66). Temperaturas fuera del intervalo entre 22 °C y 28 °C disminuyen la producción y germinación de granos de polen. En cambio, temperaturas mayores a 36 °C provocan excursión estigmática, anteras anormales y una baja velocidad de crecimiento del tubo polínico lo que dificulta la polinización. De igual manera, altas temperaturas también alteran la gametogénesis de los óvulos que modifican su viabilidad (Giorno, Wolters-Arts, Mariani, y Rieu, 2013, p. 492; Ho y Hewitt, 1986, pp. 204–205; Khanal, 2012, pp. 5–6).

### **1.2.3 CRECIMIENTO DE FRUTO**

El crecimiento del fruto tiene un comportamiento similar al de una curva sigmoidea, con tres fases diferenciadas (Chamarro, 1995, p. 72; Heuvelink, 2005, p. 76).

La primera fase, que dura de 1 a 2 semanas después de la polinización, se caracteriza por un lento crecimiento por división celular y alcanza el máximo número de células. Al final de esta fase el peso del fruto es inferior al 10 % del peso final. La segunda fase, que dura de 3 a 5 semanas, se presenta con un rápido crecimiento debido a la expansión celular, al final de esta fase el fruto logra su máximo tamaño. En la fase final, el crecimiento es mínimo pero se producen cambios metabólicos correspondientes a la maduración, esta fase dura al menos 2 semanas (Chamarro, 1995, pp. 73; Serrano, Zapata, Guillén, Martínez-Romero, Castillo y Valero, 2005, p. 68).

Al inicio de la maduración se produce un aumento brusco en la producción de etileno (regulado por las enzimas ACC sintetasa y ACC oxidasa) que se manifiestan sobre cambios en las características organolépticas del fruto (Powell y Bennett, 2002, p. 190).

Es así que los cambios en el sabor del fruto se atribuyen a los azúcares solubles, ácidos orgánicos y compuestos volátiles. Durante la maduración del fruto aumenta el contenido de azúcares solubles y de compuestos volátiles, mientras que la acidez total disminuye (Chamarro, 1995, pp. 82–83; Serrano et al., 2005, p. 70).

El cambio de color se atribuye a la formación de compuestos carotenoides (licopeno, alfa y beta carotenos) simultáneamente a la degradación de clorofila (Serrano et al., 2005, p. 69).

La pérdida de firmeza, está asociada a la solubilización de la pared celular por la poligalacturonasa (Powell y Bennett, 2002, p. 192).

### **1.3 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE TOMATE**

En Ecuador se cultivan grandes extensiones de tomate debido a la demanda de esta hortaliza. Los agricultores lo producen en suelo, a campo abierto o bajo invernadero, con rendimientos que disminuyen en el tiempo, baja eficiencia en el uso de fertilizantes y agua, sin mencionar el impacto sobre el medio ambiente.

Debido al incremento en la población y aumento en la demanda de alimentos, resulta imperioso proponer el desarrollo e implementación de sistemas de producción cuyos rendimientos sean mayores a los registrados en suelo y demás promuevan el uso sostenible de los recursos siendo amigables con el ambiente.

#### **1.3.1 ACOLCHADO PLÁSTICO (PLASTIC MULCH)**

##### **1.3.1.1 Ventajas principales del acolchado plástico**

Una de las alternativas que se presentan es el sistema acolchado, consiste en la disposición de una lámina de plástico (polietileno) sobre el suelo o cama de

cultivo, siendo el color negro-negro el más usado en la producción vegetal, como se puede observar en la Figura 1.3 (Lamont, 2005, p. 478).



**Figura 1.3.** Uso de acolchado plástico en el cultivo de tomate  
(Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar, 2003, p. 24)

Mediante el uso del acolchado plástico se puede:

- Modificar el microclima del complejo suelo, aumentando la temperatura y disminuyendo la evaporación, lo que mejora el aprovechamiento de los nutrientes por la planta, así como su desarrollo y rendimiento. Al reducir de la evaporación del suelo se logra disminuir la cantidad de agua destinada al riego debido a que el efecto de evaporación se ve mitigado por la barrera que cumple el acolchado sobre el suelo, aprovechando eficientemente el recurso agua a través de su optimización. Debido a que mantiene la temperatura del suelo en los primeros 30 cm, promueve el desarrollo radicular de la planta, mejora el rendimiento y la precocidad de los cultivos.
- Propiciar el uso eficiente de productos fitosanitarios que se apliquen a la planta vía goteo o al drench siendo esta última de poco uso.
- Evitar la generación de malezas que producen competencia al cultivo de interés.

- Mitigar la erosión del suelo (Díaz-Pérez, 2010, p. 1196; Gordon, Foshee III, Reed, Brown y Vinson III, 2010, p. 224; Lamont, 1993, p. 37; Mirshekari, RajabLarijani, AghaAlikhani, Farahvash y Rashidi, 2012, p. 1540; Ngouajio y Ernest, 2004, p. 1302).
- Realizar un uso eficiente de recursos con el riego por goteo, que es una técnica que entrega agua y nutrientes al suelo para que entre en contacto con el sistema radicular de la planta por medio de dispositivos adecuados llamados goteros. De esta manera se logra un mejor control sobre la nutrición de la planta (Papadopoulos, 1991, p. 48).

A nivel mundial, en los últimos años se han realizado ensayos en tomate para evaluar el rendimiento bajo este sistema. Los resultados de los trabajos que se investigaron, mostraron que los rendimientos finales obtenidos por plantas bajo sistema tradicional de suelo fueron menores a los obtenidos en plantas que crecieron bajo suelo acolchado (Abdul-Baki y Spence, 1992, p. 788; Brown, Goff, Dangler, Hogue y West, 1992, p. 1135; Díaz-Pérez y Dean Batal, 2002, p. 127).

### **1.3.1.2 Desventajas del acolchado plástico**

La principal desventaja que tiene el acolchado plástico es la disposición de los residuos una vez que estos hayan cumplido su ciclo corto de vida útil, debido a la exposición a factores medioambientales o por daños mecánicos ocasionados a lo largo del ciclo de producción (Lamont, 2005, p. 480).

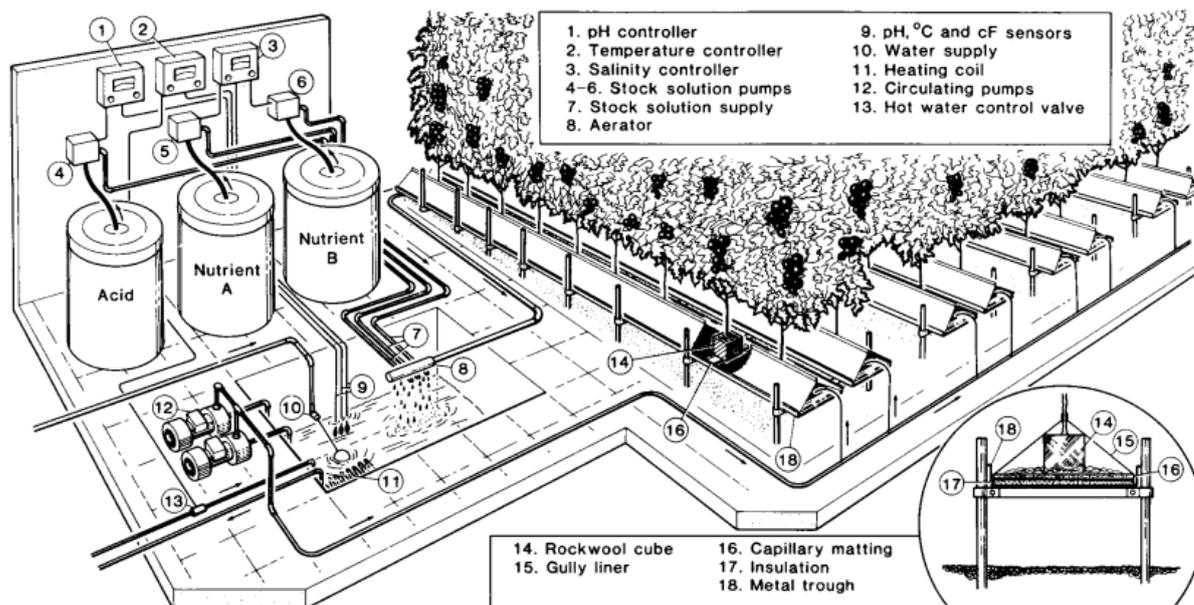
La mayoría de productores remueven el plástico exponiéndolo al aire libre o deciden quemarlo, contaminando el ambiente. Otros, remueven el plástico y lo entierran en suelo, lo que puede contaminar no solo el recurso edáfico sino también las aguas subterráneas, poniendo a consideración el uso de este producto debido al alto impacto ambiental. Tan solo un pequeño porcentaje de productores realizan labores de reciclaje (Briassoulis, 2006, p. 1256; Scarascia-Mugnozza, Schettini, Vox, Malinconico, Immirzi y Pagliara, 2006, p. 2801).

Para mitigar este impacto ambiental se propone una alternativa con el uso de plásticos producidos a partir de polímeros biodegradables (provenientes de cultivos de maíz, papa y arroz) que al momento de su mineralización no producen productos tóxicos (Moreno y Moreno, 2008, p. 256).

### **1.3.2 NUTRIENT FILM TECHNIQUE (N.F.T.)**

Por otro lado, una interesante alternativa es la producción de hortalizas en sistemas hidropónicos 100 % en agua, en el cual se producen cultivos sin la intervención de ningún sustrato. Dentro de este campo, se encuentra la técnica de la lámina de nutrientes o Nutrient Film Technique (N.F.T.) (Savvas, 2003, p. 80).

Este sistema se basa en el desplazamiento continuo de una fina lámina de solución nutritiva a lo largo de canales de cultivo que entra en contacto con las raíces de las plantas. En general, este sistema hidropónico está formado por canales de cultivo, tanque de alimentación y una bomba. La solución nutritiva es bombeada desde el tanque, hacia los canales de cultivo por donde circula proporcionando a la raíz, nutrientes y humedad necesaria para su crecimiento y desarrollo. El remanente de la solución nutritiva se recoge al final de los canales y se dirige nuevamente al tanque para un posterior uso como (Resh, 2013, p. 146). En la Figura 1.4 se puede observar un sistema N.F.T. con sus componentes principales.



**Figura 1.4.** Diseño general de un sistema N.F.T  
 (Graves, 1983, p. 6)

### 1.3.2.1 Ventajas principales del sistema N.F.T.

El sistema hidropónico N.F.T. presenta numerosas ventajas productivas, según lo reportan diferentes autores, entre las que cabe destacar las siguientes:

- Aprovechamiento eficiente del agua y nutrientes por parte de la planta, mejorando procesos metabólicos al disminuir el gasto energético que se traduce en mayores rendimientos, mejor calidad organoléptica, sanitaria y nutricional del fruto.
- Óptima oxigenación del sistema radical.
- Ostensible disminución de malezas que compitan por nutrientes demandados por la planta.
- Importante disminución en la incidencia de enfermedades radiculares.
- Obtención de altos rendimientos.
- Óptima calidad organoléptica, sanitaria y nutricional del producto.

- Mínimo impacto ambiental (Gruda, 2009, p. 141; Krauss, Schnitzler, Grassmann y Woitke, 2006, p. 441; Magán, Gallardo, Thompson y Lorenzo, 2008, p. 1041; Savvas, 2003, p. 81).

Además, mediante el uso del sistema N.F.T. se obtiene un desarrollo uniforme del sistema radicular de la planta, debido a que se suministra la solución nutritiva de manera homogénea aprovechando adecuadamente el uso del agua así como de los fertilizantes hidrosolubles (Papadopoulos, 1991, p. 70; Puerta, Sato, Shinohara y Maruo, 2007, p. 227).

A través del sistema hidropónico N.F.T. se elimina prácticas como fertilización de fondo, rotura del suelo por arado y solarización que se realizan como actividades previas al inicio del cultivo tradicional, disminuyendo la incidencia de enfermedades producidas por patógenos provenientes del suelo. Así también, se evita la contaminación del suelo a través de la salinización y el desplazamiento por percolación de sales inorgánicas que pudieran llegar a contaminar capas freáticas (Gruda, 2009, p. 141; Savvas, 2003, p. 81).

#### **1.3.2.2 Desventajas del sistema N.F.T.**

Entre las principales desventajas se pueden mencionar: el costo inicial en la implementación del sistema y el control riguroso sobre la solución nutritiva en especial énfasis en la concentración de macro y micronutrientes que inciden de manera notable en el rendimiento de las plantas. También se debe considerar que para un manejo adecuado del sistema se requiere que el personal agrícola posea cierto conocimiento técnico (Graves, 1983, p. 5; Lara Herrera, 2000, p. 222; Papadopoulos, 1991, p. 71).

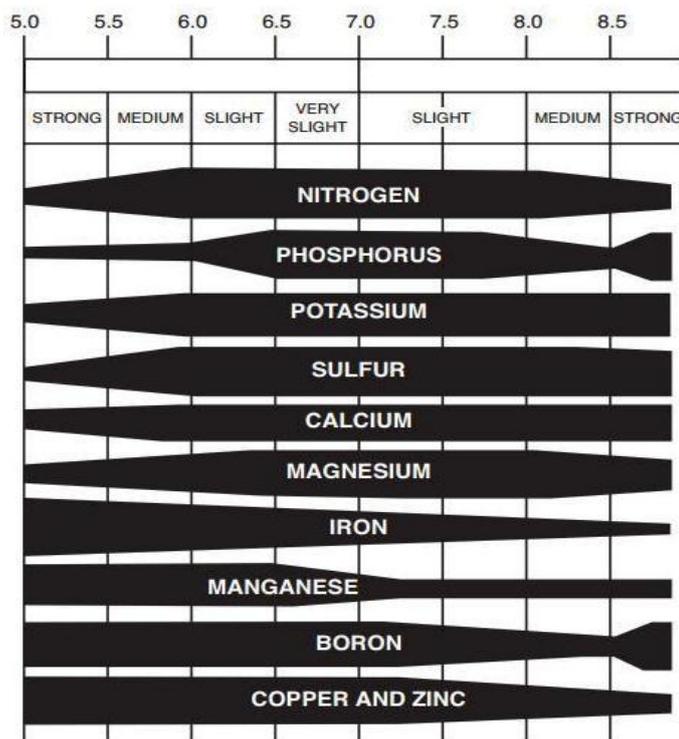
### 1.3.2.3 Consideraciones generales para el sistema N.F.T.

Previa a la adecuación de un sistema N.F.T. se debe tener en cuenta ciertas consideraciones como:

- El sistema N.F.T. está compuesto por canales de cultivo que deben tener una pendiente entre 0,5 % y 1% para que la solución pueda circular por gravedad de un extremo a otro.
- El flujo de la solución en los canales de cultivo debe estar entre 1 y 2 L/min.
- Debido a que el sistema N.F.T. es cerrado y la circulación de la solución nutritiva se realiza de manera continua o en intervalos de tiempo, el material de los canales, tanque, bomba y demás accesorios que entren en contacto con la solución deben ser libres de componentes que puedan interactuar con la solución provocando la liberación de componentes tóxicos (Berry y Knight, 1997, p. 122; Graves, 1983, pp. 8–9, 12–13; Papadopoulos, 1991, p. 72).

El ambiente al que se encuentra expuesto sistema radicular de la planta en el sistema N.F.T. incide en los subsecuentes procesos de crecimiento, desarrollo y rendimiento de la planta, por lo que se puede mencionar ciertos aspectos concernientes a la raíz y de la solución nutritiva que se encuentra en contacto con la misma (Graves, 1983, pp. 13–14).

El rango adecuado de pH en la solución para que se realice la absorción de los nutrientes sin mayor dificultad se encuentra entre 5,8 y 7, dentro del cual la mayoría de elementos en la solución nutritiva se encuentran disponibles como lo muestra la Figura 1.5 (Jones Jr, 2005, p. 101).



**Figura 1.5.** Efecto del pH en la disponibilidad de elementos de la solución nutritiva (Jones Jr, 2005, p. 102)

De este modo, la disponibilidad de los componentes de la solución nutritiva se ve influenciada por las alteraciones que pueda sufrir el pH causando una excesiva absorción o produciendo precipitación (Graves, 1983, pp. 16–17).

Debido a esto, es necesario un control para mantener el pH dentro del rango adecuado. Una manera de controlarlo es la adición de soluciones de hidróxido de potasio (KOH) e hidróxido de sodio (NaOH) si se requiere aumentar el valor del pH) o en su caso de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) o ácido clorhídrico (HCl) (en caso de que se requiera disminuir el valor del pH) (Jones Jr, 2005, pp. 101–102). Mediante la modificación de la proporción de las dos fuentes de Nitrógeno en la solución, nítrico ( $\text{N-NO}_3^-$ ) y amónico ( $\text{N-NH}_4^+$ ) se puede controlar el pH, el cual aumentará si se añade  $\text{N-NO}_3^-$ , en cambio que la adición de  $\text{N-NH}_4^+$  propiciará una disminución del mismo causa daños a nivel foliar y de fruto (Graves, 1983, p. 18; Jones Jr, 2008, pp. 157–158).

La conductividad eléctrica de la solución debe ser menor a 2,5 dS/cm. Se debe mencionar que la medición de este parámetro representa la concentración total de

sales, más no provee información de la concentración de cada nutriente. Debido a que la composición de la solución nutritiva sufre modificaciones, es necesario restituir el tenor salino de la solución nutritiva (Jones Jr, 2005, p. 106; Papadopoulos, 1991, p. 74). En la Tabla 1.1 se puede observar los componentes de una solución nutritiva para tomate y sus respectivas concentraciones.

**Tabla 1.1.** Componentes y concentración de la solución nutritiva para tomate en N.F.T. para estado reproductivo

ELEMENTO	CONCENTRACIÓN (PPM)
Nitrógeno nítrico ( $N - NO_3^-$ )	150 – 200
Nitrógeno amónico ( $N - NH_4^+$ )	0 – 20
Potasio (K)	300 – 500
Fósforo (P)	50
Calcio (Ca)	150 – 300
Magnesio (Mg)	50
Hierro (Fe)	3
Manganeso (Mn)	1
Cobre (Cu)	0,1
Cinc (Zn)	0,1
Boro (B)	0,3 – 0,5
Molibdeno (Mo)	0,05
Sodio (Na)	250
Cloro (Cl)	200

(Graves, 1983, p. 20)

Como se mencionó, mediante el uso del sistema N.F.T. el control sobre la raíz es más eficiente. De esta manera, es posible modificar con facilidad la temperatura a la que se encuentra la misma. En forma general, se aconseja que la temperatura a la que se encuentre la solución nutritiva sea cercana a la ambiental (entre 20 °C y 25 °C), en la cual se absorben de manera óptima los nutrientes (Jones Jr, 2005, p. 105).

La absorción de nutrientes por parte de la planta disminuye con un descenso de la temperatura, afectando procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento,

desarrollo y rendimiento. Así lo reportaron Tindall, Mills y Radcliffe (1990) en su ensayo, donde la temperatura ambiental fue 21 °C y se evaluó la absorción de nutrientes a diferentes temperaturas de la solución nutritiva. La absorción de nutrientes disminuyó conforme la temperatura de la solución disminuyó (p. 939).

Mientras que el aumento en la temperatura de la solución nutritiva puede ser favorable ya que produce un ligero incremento en el crecimiento de la planta. Sin embargo, si este aumento en la temperatura es pronunciado, se produce una disminución en la absorción de nutrientes y además puede producir daños a la raíz (Jones Jr, 2005, p. 105; Moorby y Graves, 1980, p. 30).

La presencia de Oxígeno ( $O_2$ ) en la solución nutritiva es importante para el desarrollo de la planta en los primeros estados de crecimiento debido a que las raicillas se encuentran parcialmente sumergidas en agua. Además considerando que el  $O_2$  se difunde más lento en agua que en aire, la solución nutritiva constituye una barrera natural a la difusión de  $O_2$  (Graves, 1983, p. 24).

La concentración de  $O_2$  en la solución nutritiva disminuye conforme circula por el canal de cultivo debido a la absorción que realizan las raíces, siendo mayor la concentración de  $O_2$  en un extremo del canal. Es así que la longitud del canal puede ser un factor crítico para el diseño del sistema N.F.T. (Jones Jr, 2005, p. 107). Resh (2013) recomienda longitudes máximas para canales en sistema N.F.T. de 15 m (p. 149).

La demanda de  $O_2$  por parte de la planta aumenta con la temperatura. En 1980, Jackson determinó que la demanda de  $O_2$  aumenta el doble por cada aumento de 10 °C en la temperatura (p. 64).

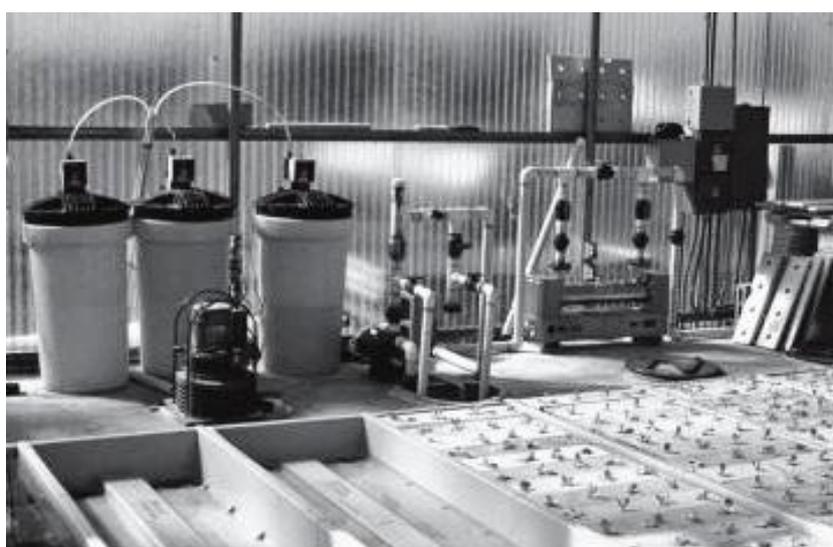
Para controlar la cantidad de  $O_2$  presente en la solución y evitar que esta disminuya se pueden tomar ciertas consideraciones como canales con longitudes menores a la señalada anteriormente, ingresar la solución nutritiva en un punto intermedio del canal a través de un manifold para oxigenar a la misma. Caso contrario, un ambiente anaerobio en la raíz puede producir daños como pudrición

radicular, marchitamiento, clorosis foliar, lento crecimiento (Berry y Knight, 1997, p. 127; Graves, 1983, p. 9).

### 1.3.3 OTROS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA

#### 1.3.3.1 Sistema de raíz flotante

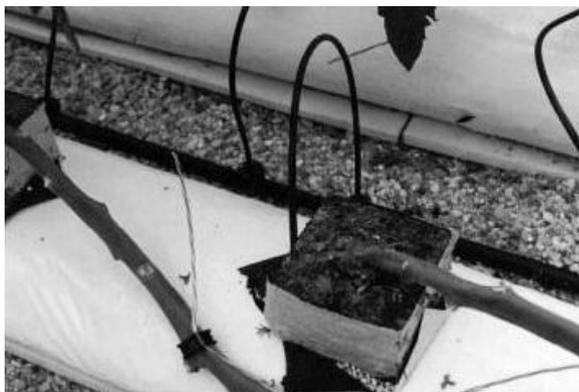
En este sistema, la planta se encuentra suspendida en planchas de poliestireno de alta densidad dentro de un estanque que contiene solución nutritiva en reposo. El diseño general de este sistema consiste en la disposición de una solución nutritiva en una cama de dimensiones 60 m x 20 m x 30 m. Esta cama está conectada por medio de un sistema de tuberías a un tanque de 5 000 L por donde la solución nutritiva circula al tanque y viceversa. Este sistema es ampliamente usado en la producción de lechuga. Se aconseja realizar la circulación desde la cama al tanque ya que es por este medio que la solución se oxigena. Además es necesario hacer controles periódicos de pH y conductividad eléctrica en la solución nutritiva para evitar problemas de crecimiento y desarrollo en la planta (Resh, 2013, pp. 97–98). En la Figura 1.6 se puede observar un diseño de sistema de raíz flotante.



**Figura 1.6.** Sistema de raíz flotante para cultivo de lechuga  
(Resh, 2013, p. 99)

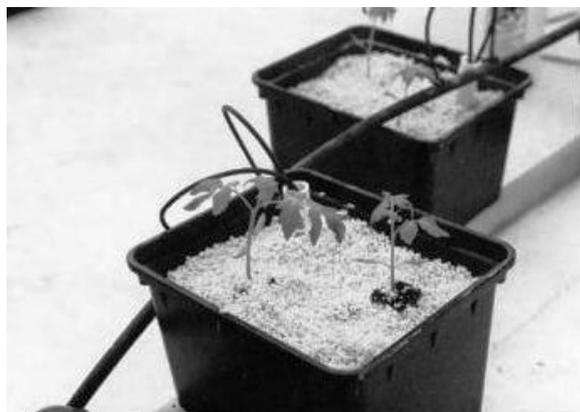
### 1.3.3.2 Sistema hidropónico en medio inorgánico

En este sistema, el sustrato de desarrollo del sistema radicular es inerte ya que no tiene interacciones iónicas con los componentes de la solución nutritiva, entre los que se pueden citar: perdigones de arcilla cocida, cuarzo, arena, gravilla, vermiculita, perlita o lana de roca, siendo estos dos últimos los más utilizados (Sengupta y Banerjee, 2012, p. 104). Es así que el sustrato perlita es utilizado en la técnica del recipiente. Esta técnica consiste en el crecimiento de la planta en un cubo de lana de roca dentro de un recipiente que contiene el sustrato. Se realizan orificios en la parte inferior del recipiente para facilitar la salida de la solución nutritiva hacia el exterior convirtiendo a esta técnica en un sistema abierto, ya que esta no se recupera. Una manguera de pequeño diámetro conectada a la fuente de nutrición principal es la encargada de suministrar nutrientes (Jones Jr, 2005, p. 146). En la Figura 1.7 se puede observar un diseño general de este sistema



**Figura 1.7.** Cubo de lana de roca dentro de un recipiente con perlita  
(Jones Jr, 2005, p. 146)

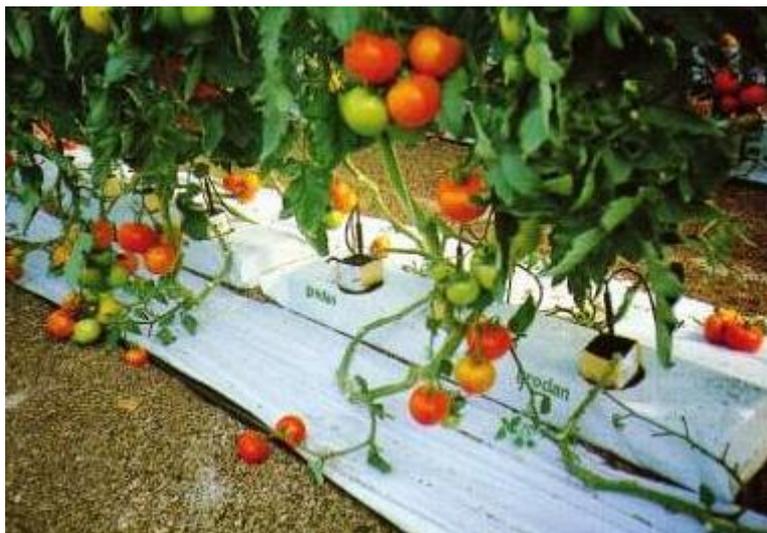
En la Figura 1.8 se observa el uso de recipientes con perlita.



**Figura 1.8.** Contenedores con perlita  
(Jones Jr, 2005, p. 147)

El medio con lana de roca es uno de los más utilizados en hidroponía debido a sus propiedades, buena capacidad de retención de agua y adecuada aireación. La lana de roca es el producto extruido de una mezcla de roca, piedra caliza y carbón de coque fundidos a temperaturas superiores 1500 °C (Abad Berjón, Noguera Murray y Carrión Benedito, 2005, pp. 336–338).

Se utiliza en la agricultura en forma de planchas sobre las cuales se disponen las plantas sembradas previamente en cubos de lana de roca. El problema que presenta esta alternativa es la disposición de los residuos de las planchas una vez terminado su tiempo de vida útil (Jones Jr, 2005, pp. 149–150). En la Figura 1.9 se puede observar el uso de esta técnica en plantas de tomate.



**Figura 1.9.** Cultivo de tomate en planchas de lana de roca  
(Abad Berjón et al., 2005, p. 339)

## 1.4 CULTIVARES DE TOMATE

Los cultivares que se utilizan actualmente en la producción tienen características definidas, que son el resultado del cruzamiento entre variedades o especies del género *Lycopersicon*, que poseen en su información genética características como: resistencia a enfermedades causadas por microorganismos patógenos e incluso insectos, así como tolerancia a condiciones ambientales propios de su hábitat (Álvarez, Moya, Florido y Plana, 2003, pp. 63–64; Stevens y Rick, 1986, p. 63).

De esta manera se utiliza la información genética de plantas como en el caso de la especie *Peruvianum*, que ofrecen resistencia a enfermedades causadas por ciertos microorganismos como hongos y bacterias utilizada para realizar cruzamientos y originar un individuo con mejores características de resistencia. También se realizan estos cruces para mejorar las respuestas de la planta a condiciones medioambientales adversas, así como mejorar su rendimiento y características organolépticas del fruto (Bai y Lindhout, 2007, pp. 1088–1089; Taylor, 1986, p. 18).

Es así que, en el ensayo se utilizaron dos cultivares que tienen buena aceptación por parte de los agricultores y en los mercados de la Sierra Centro y Norte del Ecuador. Los cultivares son Sheila de la empresa semillera Sakata y el cultivar Syta de HM-Clausse, a continuación se señala las características de estos materiales:

#### Cultivar Sheila (Sakata)

- Características: Híbrido de crecimiento indeterminado, larga vida, compacta con entrenudos cortos, frutos con peso promedio de 165 gramos (Jaramillo et al., 2013, p. 121).
- Resistencia a enfermedades: *Verticillium* (*Verticillium dahliae*; Vd raza 1 y 2); *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*; Fol razas 1 y 2) y virus del mosaico de tomate (ToMV) (Jaramillo et al., 2013, p. 121).

#### Cultivar Syta (HM-Clausse)

- Características: Planta robusta, fruto de alto calibre con peso aproximado de 250 gramos, cultivar tanto de ciclo corto y de largo aliento (Rijk Zwaan, 2013, p. 23).
- Resistencias: Virus del mosaico del tomate (ToMV); *Verticillium* (V); *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*; Fol razas 1 y 2); *Cladosporium* (*Fulva fulva*, Ff: A, B, C, D, E) y nematodos (*Meloidogyne*, M) (Rijk Zwaan, 2013, p. 23).

## 2 PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1 MATERIALES

#### 2.1.1 INSTALACIONES, EQUIPOS Y MATERIAL VEGETAL

- Invernadero tipo macro túnel de 1 115 m<sup>2</sup> con cubierta plástica de polietileno
- 2 bombas periféricas de caudal de 0,3 HP PEDROLLO, modelo PKM60
- 2 tanques con capacidad de 2 000 L de agua
- 600 m de cintas de riego con goteros auto-compensados
- 5 m de micro tubos de 3 mm de diámetro
- pH-metro HANNA INSTRUMENTS, 001
- Medidor de conductividad eléctrica LUTRON
- Calibrador pie de rey MITUTOYO, 200 mm, 0,01 mm
- Plantines de tomate: cultivar Sheila (Sakata) y cultivar Syta (HM – Clause)

#### 2.1.2 FERTILIZANTES, ENMIENDAS Y PLAGUICIDAS

- |                                            |                                                     |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| • Sulpomag, Fertisa                        | • Cipermetrina, 20 %, Crystal Chemical              |
| • Fosfato diamónico, Fertisa               | • Azufre micronizado, 80 %, Ecuaquímica             |
| • Cal agrícola, Fertisa                    | • Nitrato de Amonio, Fertisa                        |
| • Estiércol de bovino seco                 | • Fosfato monopotásico, Fertisa                     |
| • Nitrato de Calcio, SQM-Yara              | • Sulfato de Magnesio, 15 %, Fertisa                |
| • Nitrato de Magnesio, Fertisa             | • Complejo de micro elementos (Codahort), Dorliagro |
| • Nitrato de Potasio, SQM-Yara             | • Kristalon Inicio (13-40-13) y                     |
| • New Mectin (Abamectina), 1,8 %, Agroquim |                                                     |
| • Captan, 80 %, Sulphur Mills Ltda.        |                                                     |
| • Cipermetrina, 20 %, Crystal              |                                                     |

Chemical

Producción (3-11-38), SQM-Yara

- Carboron, Daviagro
- Indicate, 5, Marketing, ARM International

### **2.1.3 UBICACIÓN Y FECHA EN QUE SE REALIZÓ EL ENSAYO**

El ensayo se desarrolló en la quinta “Quiskeya”, ubicada en la provincia de Pichincha con las siguientes coordenadas: latitud 0°17'22,33''S, longitud 78°24'01,96''O, a 2640 m.s.n.m.

El ensayo se realizó de manera simultánea para ambos sistemas de producción. El trasplante se realizó el 30 de agosto de 2013 y se llevó a cabo hasta el 1 de marzo de 2014 con el término de cosecha del décimo racimo. Durante el ciclo de cultivo que duró 6 meses, se registraron temperaturas absolutas de 32 °C como máxima y 10 °C como mínima.

### **2.1.4 RIEGO Y FERTILIZACIÓN**

Para la parcela acolchada se utilizó un sistema de riego por goteo, compuesto por un tanque de 2 000 L, bomba de agua de 1/3 HP y un par de cintas de goteo por cama que suministran 1,8 L/h/gotero a una distancia de 0,30 m entre goteros. Para el sistema hidropónico, los plantines se dispusieron en 10 tubos de P.V.C. de 27 m de longitud en los cuales se realizaron perforaciones de 0,05 m donde se ubicaron los plantines, además de 20 micro tubos los cuales suministraron la solución nutritiva, que se inyectó desde un tanque de 2 000 L impulsada por una bomba de agua de 1/3 HP, que circuló en circuito cerrado a través de los tubos para ser recogida en dicho tanque donde se corrigió el tenor salino de la solución nutritiva.

Previo al inicio del ensayo en la parcela acolchada, se realizaron actividades como análisis de suelo y de agua de riego, realizados por la empresa ASISTEC. Los resultados del análisis de suelo se detallan en la Tabla 2.1,

**Tabla 2.1.** Análisis básico de suelo correspondiente a la parcela acolchada

PARÁMETRO	UNIDAD	CANTIDAD AL INICIO DEL ENSAYO	CANTIDAD A LA FINALIZACIÓN DEL ENSAYO
Profundidad	cm	20,00	20,00
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1,10	1,01
Conductividad eléctrica	μS/cm	216,00	1227
pH	-	6,38	6,66
Materia orgánica	%	2,58	1,17
NO <sub>3</sub> – N	ppm	118,00	63,20
Fósforo (P)	ppm	190,00	152,50
Potasio (K)	ppm	500,04	604,22

NO<sub>3</sub> – N: Nitrógeno nítrico

Los resultados del análisis de agua se detallan en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.** Análisis básico de agua de pozo para riego

PARÁMETRO	UNIDAD	CANTIDAD
Conductividad eléctrica	uS/cm	378,00
Salinidad	meq/L	3,78
T.D.S.	mg/L	187,00
pH		6,84
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	165,20
NO <sub>3</sub>	mg/L	2,74
Fósforo en forma de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/L	5,49
Potasio (K)	mg/L	12,00
Azufre en forma de SO <sub>4</sub>	mg/L	8,00
S.A.R.		0,37
Sólidos en suspensión	mg/L	9,00

T.D.S.: Sólidos totales disueltos

S.A.R.: Relación de absorción de sodio

Además se suministró la misma composición química de la solución nutritiva a través del sistema de goteo para la parcela acolchada y sistema hidropónico N.F.T. como se presenta en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3.** Composición (ppm) de la solución nutritiva para los estados vegetativo y reproductivo de tomate utilizada para las parcelas acolchada e hidropónica

<b>NUTRIENTE</b>	<b>ESTADO VEGETATIVO</b>	<b>ESTADO REPRODUCTIVO</b>
Nitrógeno	195,8	217,53
Fósforo	62	80,04
Potasio	179,83	321,32
Calcio	297,74	176,72
Magnesio	75,01	68,01
Hierro	2,5	2,5
Boro	0,44	0,47

### **2.1.5 MARCO DE PLANTACIÓN**

En la parcela acolchada las plantas se dispusieron en hilera simple a 0,30 m y conducido a un solo eje para una densidad de 3,76 plantas/m<sup>2</sup>. Para el sistema hidropónico los plantines se ubicaron dentro de 10 tubos de P.V.C en hilera simple a 0,30 m a un solo eje para una densidad de 1,63 plantas/m<sup>2</sup>.

### **2.1.6 MANEJO DEL CULTIVO**

Las labores culturales y de manejo, correspondieron a un cultivo comercial en el cual semanalmente se realizaron podas, eliminación de brotes y tutoraje para la conducción de las plantas. Se aplicó el producto comercial Kristalon Inicio (13 – 40 – 13) a las plantas cuando las flores se encontraban en estado de antesis. Las plantas fueron decapitadas sobre el décimo racimo cuando sus frutos estaban recién cuajados.

Previo al trasplante en la parcela acolchada, el suelo se desinfectó con Captan (20 g en 20 L de agua) y Cipermetrina (0,5 cm<sup>3</sup>/L). Durante el ensayo se presentaron problemas fitosanitarios como: *Tuta absoluta* y *Liriomyza spp.* que fueron controladas mediante el uso de Abamectina (0,25 cm<sup>3</sup>/L). Además se utilizó azufre micronizado para el control de *Oidium neolycopersici*. En el Anexo I se exponen las características generales de los productos mencionados.

### 2.1.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

El ensayo se dividió en dos parcelas para efecto de estudio, la parcela A para el sistema en suelo acolchado y la parcela B para el sistema hidropónico, en el cual se utilizó un diseño factorial 2<sup>2</sup> para realizar la evaluación agrícola de los dos sistemas de producción con los cultivares Sheila y Syta. En la distribución de los tratamientos se utilizó un modelo aditivo lineal con un diseño completamente aleatorizado que corresponde a la ecuación [2.1] donde la unidad experimental constituyó cada una de las sub-parcelas sobre las cuales se realizaron las mediciones con cuatro repeticiones que se describe en el título 2.2 (Pedroza, 1993, p. 140).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad [2.1]$$

Donde:

$Y_{ijk}$ : K-ésima observación del i-j-ésimo tratamiento

$\mu$ : media poblacional

$\alpha_i$ : efecto del i-ésimo nivel del factor A

$\beta_j$ : efecto del j-ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ : efecto de la interacción entre A y B

$\varepsilon_{ijk}$ : efecto aleatorio de variación

Las respuestas evaluadas en los sistemas agrícolas fueron: distancia al primer ramillete floral, longitud de las plantas desde la base hasta el extremo apical,

diámetro de la planta en tres secciones, número de frutos por racimo, así como peso, diámetro ecuatorial y polar del fruto.

Los resultados fueron analizados mediante ANOVA al 5 % de significación con el software Minitab 17, para aquellas variables que presentaron diferencias significativas se realizó la prueba de rango múltiple de SNK al mismo nivel de significación.

Previo al análisis de varianza para cada uno de los resultados, se verificaron tres supuestos que permitan probar la hipótesis de homogeneidad de varianzas que deberán cumplirse, en los cuales las muestras deberán ser aleatorias, independientes de una población normal que presenten homogeneidad de varianzas como se expone en el Anexo II.

## **2.2 EVALUACIÓN FENOLÓGICA DE LOS DOS CULTIVARES EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

Dentro de cada subparcela se tomaron aleatoriamente 75 plantas para la medición de los diferentes parámetros que permitieron evaluar el crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate en función de los siguientes parámetros:

- Distancia al primer ramillete floral, medido con un flexómetro desde la base de la planta hasta la estructural floral que se realizó a las cuatro semanas después del trasplante.
- Diámetro del tallo en tres secciones, medido con un calibrador pie de rey. La primera sección se focalizó en el primer racimo, realizada al tercer mes después del trasplante. Para la segunda sección, se tomó el diámetro del tallo en el quinto racimo que se realizó al cuarto mes del trasplante, mientras que la medición de la tercera sección del tallo se realizó al sexto mes del trasplante en el décimo ramillete floral.

- Longitud de las plantas desde la base hasta el extremo apical (decapitado sobre el décimo ramillete floral), medido con un flexómetro a los seis meses después del trasplante.

### **2.3 DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE TOMATE CULTIVADO EN LOS DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

Para determinar el rendimiento, se registró el número de frutos por racimo, el peso de cada fruto cuantificado con una balanza digital, así como el diámetro ecuatorial y polar de cada fruto medido con un calibrador pie de rey al tercero, cuarto y sexto mes después del trasplante.

### **2.4 DETERMINACIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LOS DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

Para realizar una evaluación económica se consideraron los ingresos obtenidos por la venta de tomate y los costos de producción para cada sistema. Para el suelo acolchado, se tomó en cuenta los insumos (fertilizantes y plaguicidas) desde la adecuación del suelo hasta la culminación de la cosecha y la mano de obra para las labores culturales durante el ciclo de cultivo. Para el sistema hidropónico además de los insumos y mano de obra, se consideraron los gastos involucrados en la implementación del sistema.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 FENOLOGÍA DEL CULTIVO

Los cultivares evaluados en el ensayo, presentaron un comportamiento fenológico similar en cada uno de los sistemas de producción, de tal manera que se caracterizó el crecimiento y desarrollo de los cultivares a través de un muestreo expuesto en la Tabla 3.1. En el ensayo se evaluaron las fases vegetativa y reproductiva de la planta. La fase vegetativa inició con el trasplante hasta 15 D.D.T. (días después del trasplante), cuando los primeros botones se manifestaron visualmente (tercera – cuarta hoja expandida), tiempo a partir del cual se consideró el inicio de la fase reproductiva que continuó con la antesis del primer racimo y cuajado de los frutos a los 30 y 40 D.D.T. respectivamente. El crecimiento de los frutos se produjo entre 80 y 90 D.D.T. cuando inició la cosecha. En este estado fenológico, se observó que los frutos del segundo al quinto racimo estaban en pleno crecimiento, mientras que el sexto y séptimo ramillete estaban con frutos cuajados y el octavo racimo en antesis.

**Tabla 3.1.** Estados fenológicos de la planta de tomate durante el ciclo de cultivo para ambos sistemas de producción

ESTADO FENOLÓGICO	D.D.T.	IDENTIFICACIÓN DE MUESTREO
Primer ramillete en antesis. Segundo ramillete en botón.	30	M <sub>1</sub>
Primer racimo en cosecha. Segundo, tercero, cuarto y quinto racimos con frutos en crecimiento. Sexto y séptimo racimos con frutos cuajados. Octavo ramillete en antesis.	90	M <sub>2</sub>
Quinto racimo en cosecha. Sexto, séptimo, octavo y noveno racimos con frutos en crecimiento. Décimo racimo con frutos cuajados.	120	M <sub>3</sub>
Décimo racimo en cosecha.	180	M <sub>4</sub>

D.D.T.: Días después del trasplante

### 3.2 DISTANCIA AL PRIMER RAMILLETE FLORAL

La distancia al primer ramillete floral medido desde el cuello de la planta, se realizó a los 30 D.D.T. registrándose en la tabla 3.2 las distancias medias para este estado fenológico identificado como M<sub>1</sub>.

**Tabla 3.2.** Distancia (cm) al primer ramillete floral

CULTIVAR	SISTEMA DE PRODUCCIÓN	
	Acolchado	N.F.T.
Sheila	24,96 ± 0,34	21,40 ± 0,55
Syta	27,58 ± 0,29	26,08 ± 0,65

$\bar{x} \pm \sigma (n = 4)$

N.F.T.: Nutrient Film Technique

#### 3.2.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA DISTANCIA AL PRIMER RAMILLETE FLORAL

En la Tabla 3.3 se observa que el valor estadístico F calculado fue mayor que uno para el sistema de producción como para el cultivar y la interacción de estos factores, consecuencia de un numerador relativamente grande, debido a que la diferencia entre las medias muestrales fue marcada y se interpretó que la variación entre tratamientos fue significativa.

**Tabla 3.3.** Análisis de varianza para la distancia al primer ramillete floral

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F	VALOR P
Sistema de producción	2,53E-03	1	2,53E-03	107,54	0
Cultivar	5,44E-03	1	5,44E-03	231,65	0
Sistema de producción x cultivar	4,31E-04	1	4,31E-04	18,34	1,10E-03
Error	2,82E-04	12	2,35E-05		
Total	8,68E-03	15			

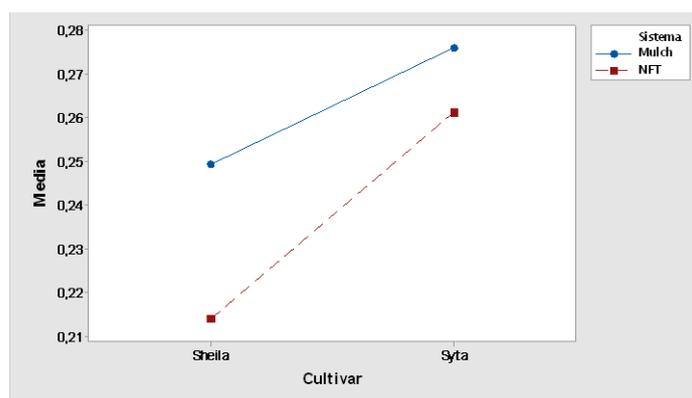
De esta manera, se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que las diferencias observadas entre las medias de los tratamientos no son causales y fueron evaluadas de acuerdo a la prueba de SNK que se presenta en la Tabla 3.4 en la cual se pudo afirmar con un 95 % de confianza que al separar el conjunto de tratamientos comparados se obtuvieron cuatro categorías estadísticas: en primer lugar acolchado – Syta superó a las demás con un promedio de 27,58 cm, el segundo lugar correspondió a N.F.T. – Syta con 26,08 cm, el tercer lugar acolchado - Sheila con 24,96 cm y finalmente el cuatro grupo constituido por N.F.T. – Sheila que presentó la menor distancia siendo estadísticamente diferentes entre sí.

**Tabla 3.4.** Test de rango múltiple de SNK para la distancia al primer ramillete floral

TRATAMIENTOS	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS
Acolchado – Syta	A
N.F.T. – Syta	B
Acolchado – Sheila	C
N.F.T. – Sheila	D

N.F.T.: Nutrient Film Technique

En la Figura 3.1 se observa la interacción que existió entre el sistema de producción y el cultivar para la distancia al primer ramillete floral.



**Figura 3.1.** Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para la distancia al primer ramillete floral

La manifestación del primer ramillete floral es la respuesta de la interacción de la planta con varios factores bióticos y abióticos que determinan su comportamiento en el desarrollo de este estado fenológico, es así que, como observaciones complementarias a la distancia del primer ramillete floral se analizaron los siguientes factores que inciden sobre este estado fenológico: cultivar, disponibilidad de nutrientes y temperatura.

### **3.2.2 CULTIVAR**

Los cultivares de tomate denominados “larga vida” presentan modificaciones genotípicas que les atribuyen características fisiológicas que permiten mitigar el impacto de plagas y enfermedades además de mejorar las características organolépticas del fruto de tomate, es así que, la capacidad de absorción de nutrientes de los cultivares analizados en este ensayo, difirieron significativamente durante el ensayo de acuerdo a la observación realizada y que se confirmó a través de las fichas técnicas de las empresas semilleras, donde la empresa HM-Clausse del cultivar Syta señala que este híbrido presenta mayor vigor, lo que fue evidenciado durante el ciclo del cultivo al presentar mayor desarrollo aéreo y radicular, así como las distancias entre nudos y el tamaño de los frutos cosechados. Considerando estas observaciones en campo con el respaldo de la ficha técnica de la semillera HM-Clausse, se pudo afirmar que la absorción de nutrientes realizada por el cultivar Syta fue mayor que la realizada por el cultivar Sheila.

### **3.2.3 DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES**

Los sistemas agrícolas evaluados en este estudio presentaron características propias y diferenciadas respecto a la disponibilidad de nutrientes hacia la planta, es así que, en la parcela acolchada las fuentes minerales provinieron desde el complejo suelo, agua de riego, fertilizantes de lenta liberación y fertilizantes hidrosolubles. Mientras que en la parcela hidropónica los nutrientes fueron

proporcionados a partir de una solución hidrosoluble que se desplazó entre el sistema radicular en intervalos de tiempo programados.

En la Tabla 3.5 se resume la cantidad de N-P-K que fue suministrada en las parcelas producto de este estudio, información respaldada de los análisis respectivos y fichas técnicas de los fertilizantes que fue comparada en la misma tabla con la demanda nutricional del tomate para el estado fenológico M<sub>1</sub>.

**Tabla 3.5.** Demanda nutricional y cantidad de nutrientes suministrada (g/planta) al estado fenológico M<sub>1</sub>

ELEMENTO	DEMANDA NUTRICIONAL*	CANTIDAD SUMINISTRADA	
		SISTEMA ACOLCHADO	SISTEMA N.F.T.
Nitrógeno	2,47	5,05	4,54
Fósforo	0,91	3,21	1,54
Potasio	3,80	6,80	4,76

\* (Gutierrez, 1996, p. 67)

N.F.T.: Nutrient Film Technique

Si se considera que el Nitrógeno favorece al desarrollo vegetativo de la planta por sobre el desarrollo reproductivo; la distancia a la que el primer ramillete floral se desarrolló, fue respuesta directa de la planta, sobre la cantidad de Nitrógeno que se suministró (Gosselin, Charbonneau, Larouche, Vézina y Trudel, 1988, pp. 72–73). Debido a que en la parcela acolchada, la cantidad de Nitrógeno proporcionada fue mayor que en el sistema N.F.T., el sistema radicular de la planta absorbió con más facilidad Nitrógeno, por lo que sus distancias al primer ramillete floral fueron mayores que las registradas en el sistema hidropónico.

Las distancias registradas en el presente ensayo fueron cercanas numéricamente a las obtenidas por Gosselin et al. (1988), quienes registraron una distancia media al primer ramillete floral de 0,27 m con una concentración de 148 ppm de Nitrógeno en la solución durante el ciclo de cultivo (p.77). Siavichay (2011) en su ensayo tradicional de tomate (suelo sin acolchado) registró una distancia media al primer ramillete floral de 0,26 m (p. 37).

Las distancias medias al primer ramillete floral en el sistema N.F.T. fueron menores debido a que las plantas destinaron energía para el desarrollo del sistema radicular y la absorción de nutrientes, considerando que, una fina lámina de solución nutritiva estaba circulando por los ápices de las raicillas al estado M<sub>1</sub>.

En este ensayo, se complementaron observaciones a través de la medición de peso fresco de la raíz y el número de flores para el estado fenológico M<sub>1</sub> como se puede observar en la Tabla 3.6 cuya información nos permitió disponer de mayores elementos de juicio para la discusión de la distancia al primer ramillete floral.

**Tabla 3.6.** Peso fresco de raíz y número de flores al primer ramillete floral

<b>SISTEMA DE PRODUCCIÓN</b>	<b>PESO FRESCO DE RAÍZ (g)</b>	<b>NÚMERO DE FLORES</b>
Acolchado	21	7
N.F.T.	25	5

N.F.T.: Nutrient Film Technique

De acuerdo a los datos presentados por la Tabla 3.6, el peso fresco de raíz fue ligeramente mayor en el sistema N.F.T., que en acolchado, debido al desarrollo radicular que la planta realizó en el sistema hidropónico.

Con base en Scholberg, McNeal, Boote, Jones, Locascio y Olson (2000) se determinó un peso fresco de raíz a los 30 D.D.T. de 24 g con una dosis de Nitrógeno de 200 kg/ha, peso similar a los que se reportaron en el presente ensayo (p. 163).

El número de flores que se obtuvieron en ambos sistema de producción, fueron similares a los obtenidos por Menary y Van Staden (1976) quienes en su ensayo hidropónico, registraron 7 flores al primer racimo (p. 202).

### **3.2.4 TEMPERATURA AMBIENTAL**

Como se mencionó, para el ensayo realizado en la Quinta “Quisqueya”, se registraron temperaturas ambientales absolutas de 32 °C y 10 °C.

En 1990 Tindall et al. en un ensayo, se registraron temperaturas ambientales absolutas, una máxima de 37 °C y mínima de 12 °C, evaluaron el peso fresco de raíz y se obtuvo el mejor comportamiento a una temperatura de 26 °C (p. 948). Adams, Cockshull y Cave (2001) evaluaron la incidencia térmica sobre el número de flores desarrolladas al primer racimo. En su ensayo se registraron temperaturas ambientales en un rango entre 14 °C a 26 °C obteniendo 9 flores (p. 872).

Los resultados que se registraron en el presente trabajo fueron similares a los reportados por diferentes autores a pesar de los puntos críticos térmicos que se alcanzaron, en un intervalo de tiempo relativamente corto como son las condiciones térmicas en la época seca del Ecuador.

### **3.3 DIÁMETRO DE LA PLANTA EN TRES SECCIONES**

En suelo acolchado, se presentó una disminución gradual del diámetro del tallo conforme la planta fue creciendo, no así en las plantas del sistema N.F.T en el cual, el diámetro de las plantas se mantuvo uniforme a lo largo del ciclo de cultivo, como se puede observar en la Tabla 3.7.

**Tabla 3.7.** Diámetro (mm) del tallo de la planta en 3 diferentes secciones

SISTEMA DE PRODUCCIÓN	CULTIVAR	NÚMERO DE RACIMO FLORAL		
		Primero	Quinto	Décimo
Acolchado	Sheila	9,15 ± 0,04	7,65 ± 0,11	5,34 ± 0,27
	Syta	11,91 ± 0,15	10,92 ± 0,23	4,58 ± 0,15
N.F.T.	Sheila	10,25 ± 0,33	10,68 ± 0,20	10,25 ± 0,26
	Syta	11,87 ± 0,24	12,04 ± 0,30	11,69 ± 0,26

 $\bar{x} \pm \sigma (n = 4)$ 

N.F.T.: Nutrient Film Technique

### 3.3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS PARA EL DIÁMETRO DE LA PLANTA EN TRES SECCIONES

Los valores estadístico F calculados del ANOVA que se observan en la Tabla 3.8 presentaron valores mayores a uno, por tanto, se concluyó que para el diámetro del tallo de la planta al primer racimo influyeron los factores: sistema de producción así como su interacción.

**Tabla 3.8.** Análisis de varianza para diámetro del tallo al primer racimo floral

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F	VALOR P
Sistema de producción	1,5625E-06	1	1,5625E-06	25	3,00E-04
Cultivar	2,26E-05	1	2,26E-05	361	0
Sistema de producción x cultivar	1,56E-06	1	1,56E-06	25	3,00E-04
Error	7,50E-07	12	6,25E-08	-	-
Total	2,64E-05	15	-	-	-

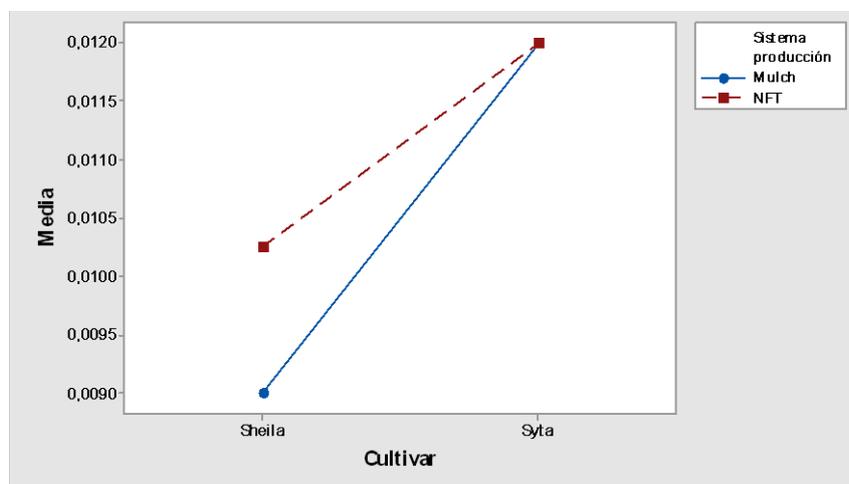
Para la medición del diámetro del tallo al primer racimo se realizó la prueba de SNK que se puede observar en la Tabla 3.9, de la cual se obtuvieron tres categorías estadísticas: el mayor valor lo compartieron las plantas de los tratamientos acolchado – Syta y N.F.T. – Syta, el segundo lugar fue para el tratamiento del cultivar Sheila en el sistema hidropónico con un valor de 10,3 mm y el menor valor correspondió al tratamiento acolchado – Sheila.

**Tabla 3.9.** Test de rango múltiple de SNK para diámetro del tallo al primer racimo

TRATAMIENTOS	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS
Acolchado – Syta	A
N.F.T – Syta	A
N.F.T – Sheila	B
Acolchado – Sheila	C

N.F.T: Nutrient Film Technique

En la Figura 3.2 se puede observar la interacción entre los factores sistema de producción y cultivar para el diámetro del tallo de la planta al primer racimo.

**Figura 3.2.** Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para el diámetro del tallo al primer racimo

Los valores del estadístico de Fisher calculado del ANOVA que se observan en la Tabla 3.10 presentaron valores mayores a uno, de esta manera se concluyó que para el diámetro del tallo de la planta al quinto racimo influyeron los factores: sistema de producción y su interacción.

**Tabla 3.10.** Análisis de varianza para diámetro de tallo al quinto racimo

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F	VALOR P
Sistema de producción	1,72E-05	1	1,72E-05	346,96	0
Cultivar	2,15E-05	1	2,15E-05	434,57	0
Sistema de producción x cultivar	3,68E-06	1	3,68E-06	74,39	0
Error	5,94E-07	12	4,95E-08		
Total	4,29E-05	15			

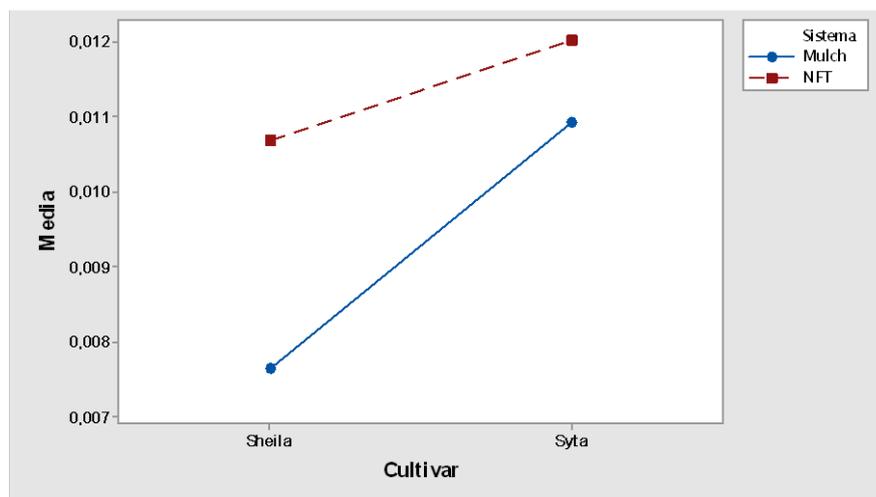
Con respecto al diámetro del tallo al quinto racimo, la prueba de SNK mostró dos categorías estadísticas: la primera hizo referencia a los tratamientos acolchado – Syta, N.F.T. – Sheila y N.F.T. – Syta que no mostraron diferencias significativas entre sí, a diferencias de las plantas del tratamiento acolchado – Sheila que mostraron el menor diámetro de tallo, como muestran los datos de la Tabla 3.11.

**Tabla 3.11.** Test de rango múltiple de SNK para diámetro del tallo al quinto racimo

TRATAMIENTOS	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS
Acolchado – Syta	A
N.F.T. – Sheila	A
N.F.T. – Syta	A
Acolchado - Sheila	B

N.F.T.: Nutrient Film Technique

En la Figura 3.3 se puede observar la interacción entre los factores sistema de producción y cultivar para el diámetro del tallo de la planta al quinto racimo.



**Figura 3.3.** Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para el diámetro del tallo al quinto racimo

Los valores estadísticos F calculados del ANOVA que se observan en la Tabla 3.12 presentaron valores mayores a uno, es así que se concluyó que para el diámetro del tallo de la planta al décimo racimo influyeron los factores: sistema de producción así como su interacción.

**Tabla 3.12.** Análisis de varianza para diámetro del tallo al décimo racimo

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F	VALOR P
Sistema de producción	1,44E-04	1	1,44E-04	2476,77	0
Cultivar	4,51E-07	1	4,51E-07	7,73	1,70E-02
Sistema de producción x cultivar	4,86E-06	1	4,86E-06	83,33	0
Error	7,00E-07	12	5,83E-08		
Total	1,50E-04	15			

Finalmente, para la medición del diámetro al décimo racimo, de acuerdo a los resultados de la prueba de SNK cuyo resultado se muestra en la Tabla 3.13 se presentaron tres categorías estadísticas: el tratamiento que obtuvo el mayor en diámetro de tallo fue N.F.T. – Syta con 11,69 mm, seguido por el tratamiento N.F.T. – Sheila con un valor de 10,25 mm y la última categoría la compartieron las plantas de ambos cultivares que se desarrollaron en el sistema acolchado, siendo Syta la que presentó el menor valor. De acuerdo a lo descrito se evidenció la

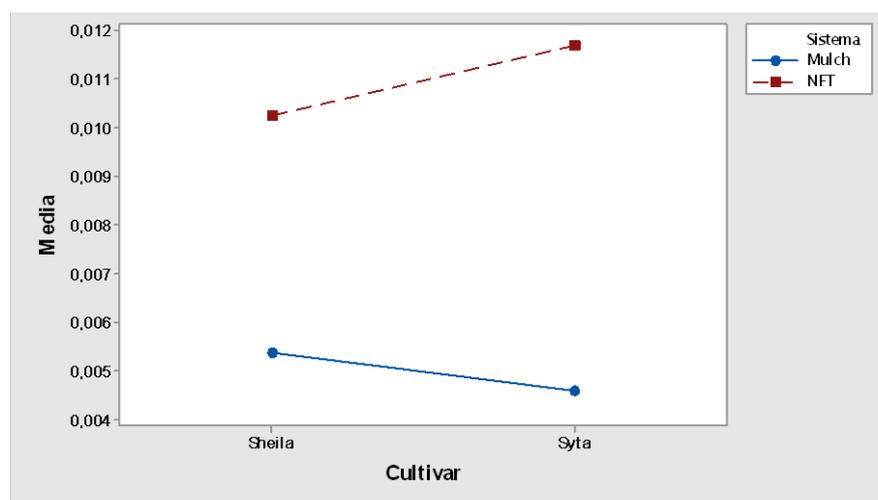
influencia de las características propias de cada cultivar (vigor) que mostraron diferencias estadísticas en el diámetro del tallo para los sistemas de producción evaluados.

**Tabla 3.13.** Test de rango múltiple de SNK para diámetro del tallo al décimo racimo

TRATAMIENTOS	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS
N.F.T. – Syta	A
N.F.T. – Sheila	B
Acolchado – Sheila	C
Acolchado – Syta	C

N.F.T.: Nutrient Film Technique

En la Figura 3.4 se puede observar la interacción entre los factores sistema de producción y cultivar para el diámetro del tallo de la planta al décimo racimo.



**Figura 3.4.** Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para el diámetro del tallo al décimo racimo

Los resultados obtenidos en el presente ensayo son cercanos a los obtenidos en la investigación realizada en sistema tradicional (suelo) por Siavichay (2011) quien reportó un diámetro del tallo de la planta de 14 mm a los 4 meses del inicio del ciclo de cultivo (p. 143). Renda da Costa (2007) en otro ensayo realizado en sustrato de lana de roca registró un diámetro de 12 mm (p. 216).

Debido a que la planta realiza la absorción de nutrientes así como el transporte de fotoasimilados por medio de los tejidos vasculares que componen el tallo es que, se requiere un desarrollo adecuado en la estructura de éste para mejorar el desarrollo y producción de la planta. Es así que, la disminución del diámetro del tallo en el sistema acolchado se debió a la disminución del suministro de nutrientes conforme el ensayo avanzó en el tiempo, lo que limitó la absorción de nitrógeno y además demandó un esfuerzo energético adicional a la planta. Entre las causas que pudieron causar esta reducción en el suministro de nutrientes se puede mencionar: baja disponibilidad de nutrientes en el suelo, aumento de la demanda nutricional de la planta por ingresar a un estado reproductivo e interacciones iónicas propias del complejo suelo.

A causa de la importancia del tallo en la nutrición de la planta es que la medición del diámetro del tallo que se reportó en este ensayo, estuvo relacionada con la altura y rendimiento de la planta. Esto se detallará en los numerales 3.4 y 3.5.

Adicional, se observó que, a la formación del quinto ramillete, las plantas en el sistema acolchado presentaron ataque por *Oidium neolycopersici* (mildio). A diferencia de sus pares en N.F.T. quienes registraron un ataque en un instante posterior y en menor intensidad, debido a que su disposición nutricional fue mejor que la de las plantas en acolchado, así como la densidad de siembra en la parcela hidropónica.

### **3.4 LONGITUD TOTAL DE LA PLANTA**

Las plantas en el sistema N.F.T. registraron mayor altura que sus similares en sistema acolchado. Además, las plantas del cultivar Syta registraron las mayores alturas en ambos sistemas de producción, como se puede en la Tabla 3.14.

**Tabla 3.14.** Altura de la planta (m) al décimo racimo

CULTIVAR	SISTEMA DE PRODUCCIÓN	
	Acolchado	N.F.T.
Sheila	2,36 ± 0,01	2,41 ± 0,01
Syta	2,47 ± 0,01	2,56 ± 0,01

$$\bar{x} \pm \sigma (n = 4)$$

N.F.T.: Nutrient Film Technique

### 3.4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS PARA LA LONGITUD DE LA PLANTA AL DÉCIMO RACIMO

Los valores del estadístico de Fisher fueron mayores a uno y se concluyó que el sistema de producción, cultivar y la interacción, influyeron de manera significativa sobre la longitud de la planta al décimo racimo, como lo muestran los resultados que se observan en la Tabla 3.15.

**Tabla 3.15.** Análisis de varianza para altura de la planta al décimo racimo

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F	VALOR P
Sistema de producción	2,05E-02	1	2,05E-02	1035,70	0
Cultivar	6,90E-02	1	6,90E-02	3484,50	0
Sistema de producción x cultivar	1,11E-03	1	1,11E-03	55,80	0
Error	2,38E-04	12	1,98E-05		
Total	9,09E-02	15			

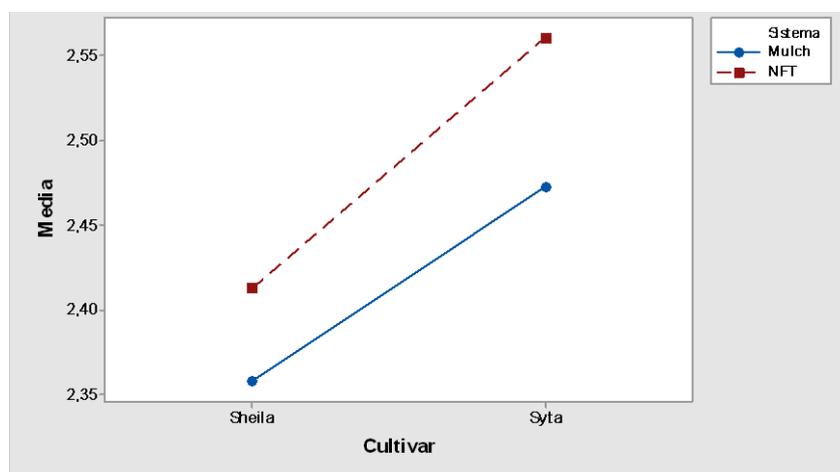
Es así que, los resultados de la prueba de SNK de la Tabla 3.16 mostraron cuatro grupos que presentaron diferencias significativas entre sí. Las dos mayores longitudes correspondieron a los tratamientos del cultivar Syta en N.F.T. y acolchado con 2,56 y 2,47 m respectivamente. A estos tratamientos, lo siguió el tratamiento N.F.T. – Sheila con 2,41 m y el menor valor lo registró el tratamiento acolchado – Sheila con una longitud de 2,36 m.

**Tabla 3.16.** Test de rango múltiple de SNK para altura de la planta al décimo racimo

TRATAMIENTOS	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS
N.F.T. – Syta	A
Acolchado – Syta	B
N.F.T. – Sheila	C
Acolchado – Sheila	D

N.F.T.: Nutrient Film Technique

En la Figura 3.5 se puede observar la interacción entre los factores sistema de producción y cultivar para la longitud de la planta.

**Figura 3.5.** Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para la longitud de la planta

En general, las plantas del cultivar Sheila presentaron una longitud menor a la de las plantas del cultivar Syta. Como ya se mencionó anteriormente, los resultados que se registraron para altura de la planta se encontraban relacionados con los diámetros reportados en el numeral 3.3. Las plantas que disminuyeron el diámetro de su tallo gradualmente, fueron las que presentaron las menores distancias al décimo ramillete floral.

Este comportamiento fue el esperado ya que a medida que el diámetro del tallo de la planta se redujo, también disminuyeron los diámetros de los vasos que constituían tanto xilema y floema, que a su vez limitaron el flujo de agua, nutrientes así como de fotoasimilados para la generación de nuevos tejidos y el

desarrollo de frutos. Este último hecho se observó en la reducción de peso y diámetros de frutos de tomate en suelo acolchado en comparación con los que se produjeron en el sistema N.F.T.

El Nitrógeno es un elemento importante en la nutrición de la planta de tomate. Este contribuye al desarrollo de los componentes vegetativos de la planta (tallos y hojas) y un suministro deficiente de este componente afecta al crecimiento de la planta lo que se manifiesta en tallos delgados así como limita el crecimiento de la planta.

En el sistema acolchado, la planta realizó la absorción de nutrientes con más dificultad a medida que el ensayo avanzó en el tiempo, debido en parte a que las interacciones iónicas ya existentes en el suelo se intensificaron. De acuerdo a la Tabla 2.1, la cantidad de Potasio en el suelo al finalizar el ensayo fue mayor a la inicial lo que pudo provocar alguna interacción afectando la disponibilidad de nutrientes en el suelo para su absorción.

La longitud de la planta al décimo racimo floral que se registra en la Tabla 3.14 fue similar a la obtuvieron Gül y Sevgican en 1994, quienes registraron las alturas de plantas cultivadas en perlita y suelo, observando mayores longitudes de las plantas desarrolladas en sustrato hidropónico que en suelo. Los resultados fueron de 2,41 y 2,33 metros (p. 443).

En 1979, Besford registró la altura al décimo racimo floral de plantas en turba a concentraciones de nitrógeno de 50 y 300 ppm con resultados de 2,06 y 2,26 m respectivamente (p. 345). De esta manera se observó que, el crecimiento de la planta se favoreció de acuerdo a la cantidad de Nitrógeno disponible.

### 3.5 RENDIMIENTO

En la Tabla 3.17 se presentan los valores de los parámetros con los cuales se determinó el rendimiento para cada tratamiento en el presente ensayo.

**Tabla 3.17.** Rendimiento de ambos cultivares de tomate para cada sistema de producción

	ACOLCHADO		N.F.T.	
	Sheila	Syta	Sheila	Syta
Número de frutos por racimo	6,44 ± 0,22	5,19 ± 0,22	5,94 ± 0,40	5,43 ± 0,14
Peso de fruto (g)	160,38 ± 1,64	194,98 ± 2,71	179,73 ± 0,89	239,92 ± 1,60
Diámetro ecuatorial de fruto (cm)	7,54 ± 0,13	9,36 ± 0,07	7,68 ± 0,12	9,58 ± 0,01
Diámetro polar de fruto (cm)	7,27 ± 0,11	6,75 ± 0,12	7,73 ± 0,02	6,93 ± 0,01

$\bar{x} \pm \sigma$  (n = 4)

N.F.T.: Nutrient Film Technique

#### 3.5.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS PARA EL RENDIMIENTO

Los datos que se presentan en la Tabla 3.17 mostraron que el número de frutos registrado por Sheila fue el mismo para los sistemas de producción evaluados, mientras que el cultivar Syta presentó un comportamiento similar, que se confirmó a través de los valores del estadístico F en el análisis de varianza de la Tabla 3.18 en la cual se observó que únicamente el valor F correspondiente a sistema de producción fue menor a uno, y se logró concluir que el factor cultivar así como la interacción cultivar - sistema de producción influyeron de manera significativa sobre el número de frutos por racimo.

**Tabla 3.18.** Análisis de varianza para número de frutos por racimo

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F	VALOR P
Sistema de producción	0	1	0	0	1
Cultivar	2,25	1	2,25	10,80	6,50E-03
Sistema de producción x cultivar	0,25	1	0,25	1,20	0,29
Error	2,5	12	2,08E-01		
Total	5,0	15			

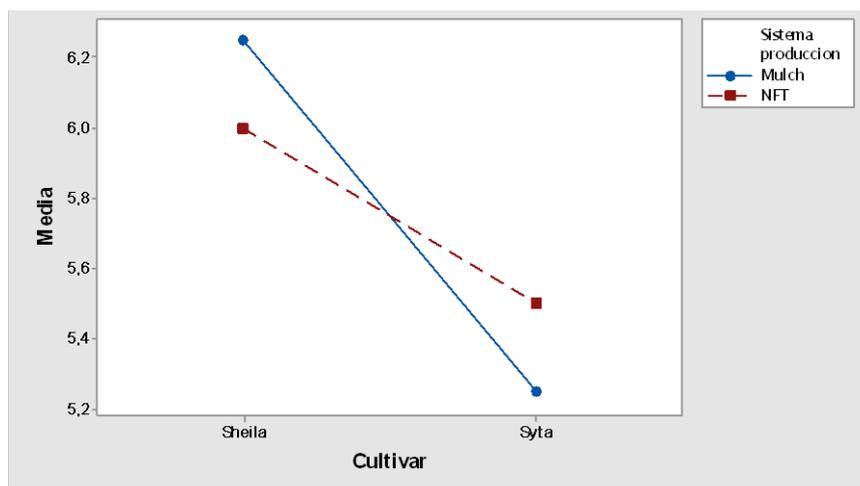
De acuerdo a los resultados de la prueba de SNK que se muestran en la Tabla 3.19 se observaron dos categorías estadísticas. Los tratamientos acolchado – Sheila y N.F.T – Sheila quienes desarrollaron 6 frutos cada uno. El otro grupo estuvo conformado por acolchado – Syta y N.F.T – Syta quienes mostraron 5 frutos cada uno.

**Tabla 3.19.** Test de rango múltiple de SNK para número de frutos por racimo

TRATAMIENTOS	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS
Acolchado – Sheila	A
N.F.T. – Sheila	A
Acolchado – Syta	B
N.F.T. – Syta	B

N.F.T: Nutrient Film Technique

En la Figura 3.6 se muestra la interacción entre sistema de producción y cultivar para el número de frutos por racimo.



**Figura 3.6.** Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para el número de frutos por racimo

A diferencia del número de frutos por racimo, el peso del fruto si tuvo influencia significativa en el sistema de producción, así como en el cultivar y su interacción (sistema de producción – cultivar) debido a que los valores del estadístico de Fisher fueron mayores a uno, como se muestra en la Tabla 3.20.

**Tabla 3.20.** Análisis de varianza para peso de fruto

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F	VALOR P
Sistema de producción	4,13E-03	1	4,13E-03	1233,52	0
Cultivar	8,98E-03	1	8,98E-03	2681,25	0
Sistema de producción x cultivar	6,55E-04	1	6,55E-04	195,36	0,03
Error	4,02E-05	12	3,35E-06		
Total	1,38E-02	15			

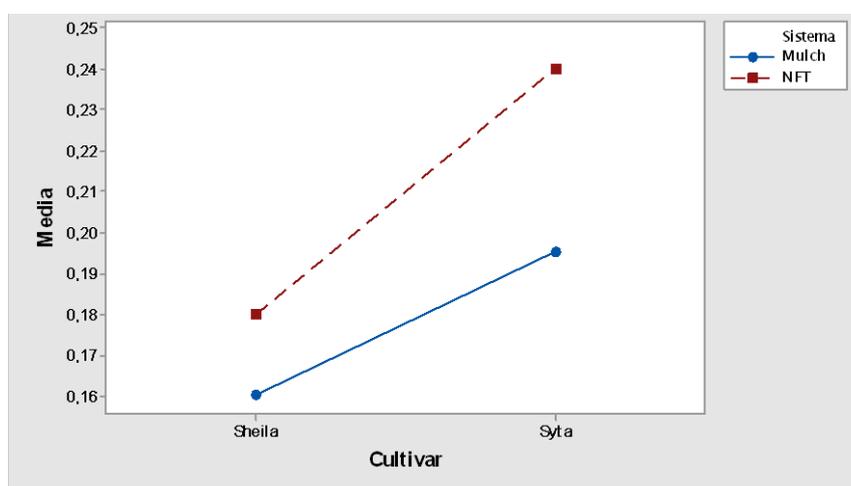
De acuerdo a los resultados de la prueba de SNK que se pueden observar en la Tabla 3.21 se determinó cuatro categorías estadísticas que mostraron diferencias significativas entre sí, siendo el mayor peso el registrado por las plantas del tratamiento N.F.T. – Syta con un valor de 239,92 g, mientras que el tratamiento acolchado – Syta registró un peso de 194,98 g. El menor peso de fruto se obtuvo por el tratamiento acolchado – Sheila.

**Tabla 3.21.** Test de rango múltiple de SNK para peso de fruto

TRATAMIENTOS	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS
N.F.T. – Syta	A
Acolchado – Syta	B
N.F.T. – Sheila	C
Acolchado – Sheila	D

N.F.T.: Nutrient Film Technique

En la Figura 3.7 se muestra la interacción entre sistema de producción y cultivar para el peso de fruto.

**Figura 3.7.** Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para el peso de fruto

Para el diámetro ecuatorial, influyeron de manera significativa ambos factores de estudio y su interacción. El ANOVA que se muestra en la Tabla 3.22 mostró que los valores del estadístico de Fisher fueron mayores a uno.

**Tabla 3.22.** Análisis de varianza para diámetro ecuatorial del fruto

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F	VALOR P
Sistema de producción	1,24E-05	1	1,24E-05	14,22	3E-03
Cultivar	1,38E-03	1	1,38E-03	1584,79	0
Sistema de producción x cultivar	5,78E-07	1	5,78E-07	1,66	0,031
Error	1,04E-05	12	8,69E-07		
Total	1,40E-03	15			

Los resultados correspondientes a la prueba de SNK para el diámetro ecuatorial de fruto que se observan en la Tabla 3.23 mostraron que cada tratamiento constituyó una categoría estadística. El mayor valor de diámetro ecuatorial lo presentó el tratamiento N.F.T. – Syta, seguido por los tratamientos acolchado – Syta y N.F.T. – Sheila y el menor diámetro de 7,54 cm lo registró el tratamiento acolchado – Sheila.

**Tabla 3.23.** Test de rango múltiple de SNK para diámetro ecuatorial del fruto

TRATAMIENTOS	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS
N.F.T. – Syta	A
Acolchado. – Syta	B
N.F.T. – Sheila	C
Acolchado – Sheila	D

N.F.T.: Nutrient Film Technique

Para el diámetro polar, influyeron de manera significativa los factores sistema de producción y cultivar. Los resultados del ANOVA que se muestran en la Tabla 3.24 muestran que los valores del estadístico de Fisher fueron mayores a uno.

**Tabla 3.24.** Análisis de varianza para diámetro polar del fruto

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	VALOR F	VALOR P
Sistema de producción	4,12E-05	1	4,12E-05	47,40	0
Cultivar	1,76E-04	1	1,76E-04	202,41	0
Sistema de producción x cultivar	7,62E-06	1	7,62E-06	8,76	2,03E-02
Error	8,55E-06	12	7,12E-07		
Total	2,33E-04	15			

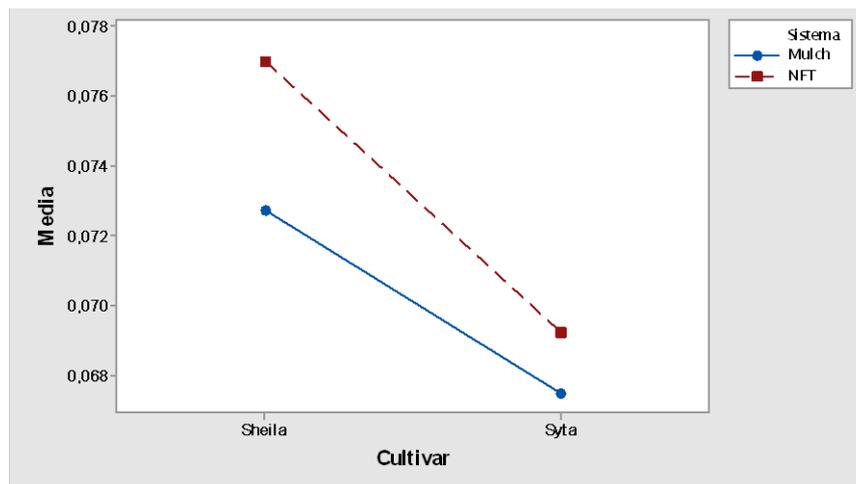
Los resultados de la prueba de SNK para el diámetro polar de fruto de la Tabla 3.25, también mostró a cada tratamiento como una categoría estadística. Los mayores valores los presentaron las plantas del cultivar Sheila en ambos sistemas de producción.

**Tabla 3.25.** Test de rango múltiple de SNK para diámetro polar del fruto

TRATAMIENTOS	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS
N.F.T. – Sheila	A
Acolchado – Sheila	B
N.F.T. – Syta	C
Acolchado – Syta	D

N.F.T: Nutrient Film Technique

En la Figura 3.8 se muestra la interacción entre sistema de producción y cultivar para el diámetro polar de fruto.



**Figura 3.8.** Gráfico de interacción sistema de producción – cultivar para el diámetro polar de fruto

El rendimiento tuvo relación con el diámetro del tallo de la planta, ya que, conforme disminuyó el diámetro del tallo en las plantas, el flujo de nutrientes para el cuajado y desarrollo de frutos se limitó lo que incidió en el número de frutos en cada racimo floral así como en el peso individual del fruto. Por lo tanto, el número de frutos, así como el peso promedio fueron menores en sistema acolchado que en el sistema N.F.T.

En 1994, Gül y Sevgican evaluaron el número de frutos por racimo en plantas de tomate en perlita y suelo, obteniendo 7 y 5 frutos, resultados similares a los que se obtuvieron en el presente trabajo (p. 443).

De todos los macronutrientes, el elemento que más incide en el rendimiento y características del fruto, es el Potasio. Cuando la planta no dispone de suficiente cantidad de este elemento para su absorción, el rendimiento se ve disminuido. En el sistema N.F.T., la disponibilidad de nutrientes fue mayor debido a la movilidad de la solución del sistema y lo que facilitó la absorción de nutrientes por la planta.

En 1975, Besford y Maw en un ensayo en turba, evaluaron el número de frutos por racimo a varias concentraciones de K, y se obtuvo 9 frutos a una concentración de 393 ppm, siendo esta la más alta concentración que se evaluó en dicho experimento (p. 399).

Se observó una disminución gradual en el número así como en el tamaño de frutos en el sistema acolchado y una posible causa pudo ser la disminución del diámetro de tallo, que fue más visible a partir de la cosecha del quinto racimo floral, por la disminución del flujo de fotoasimilados así como también de la distribución de estos tanto a los demás racimos y frutos en desarrollo.

Los cultivares que se desarrollaron en el sistema N.F.T. obtuvieron un mayor peso de fruto que aquellos desarrollados en suelo acolchado. El cultivar Sheila registró un peso de fruto un 12 % superior a su homólogo cosechado en suelo acolchado. El peso de fruto del cultivar Syta desarrollado en N.F.T. fue mayor en un 23 % a su par en suelo acolchado. El peso de fruto se comparó con el peso reportado por las fichas técnicas de cada una de las empresas productoras de los cultivares. De acuerdo a la información facilitada por las casa semilleras, el peso promedio de Sheila se encuentra entre 180 g y 200 g (Jaramillo et al., 2013, p. 121; SAKATA, 2012), mientras que el peso promedio para Syta es de 250 (Siavichay, 2011, p. 15). Es así que, el peso promedio del cultivar Sheila desarrollado en ambos sistemas de producción fue mayor al peso promedio reportado por la casa semillera Sakata. En cambio, el cultivar Syta no alcanzó el peso promedio en ninguno de los 2 sistemas de producción. Esto pudo ser debido a la composición de la solución que se utilizó el ensayo, la cual no proporcionó la cantidad adecuada de nutrientes de acuerdo a la demanda nutricional de Syta para un adecuado desarrollo del fruto. Además, la composición de la solución nutritiva no se varió para no afectar el desarrollo del cultivar Sheila, cuyos requerimientos nutricionales eran menores a los de Syta.

La forma del fruto se determinó a partir de los diámetros ecuatorial y polar para cada cultivar. Sheila, presentó una forma de fruto casi redonda ya que sus diámetros polar y ecuatorial fueron relativamente iguales. Syta, en cambio presentó una forma de fruto achatada debido a que el diámetro ecuatorial fue mayor al diámetro polar. Siavichay (2011) en su ensayo, evaluó el rendimiento del cultivar Syta, y los resultados se muestran en la Tabla 3.26.

**Tabla 3.26.** Rendimiento registrado en un ensayo en suelo para el cultivar Syta

<b>NÚMERO DE FRUTOS POR RACIMO</b>	<b>PESO DEL FRUTO (g)</b>	<b>DIÁMETRO ECUATORIAL DEL FRUTO (cm)</b>	<b>DIÁMETRO POLAR DEL FRUTO (cm)</b>
5	150	6,3	5,1

(Siavichay, 2011, p.69)

A pesar que el número de frutos por racimo en la Tabla 3.17 es similar al reportado por Siavichay (2011), los pesos y diámetros alcanzados en el presente ensayo fueron mayores. De esta manera, se observó que el rendimiento que se obtuvo ya sea en acolchado o en N.F.T. fue superior al de un sistema que se manejó en suelo tradicional.

### **3.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA AMBOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

#### **3.6.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN SUELO ACOLCHADO**

##### **3.6.1.1 Ingresos por ventas de tomate en suelo acolchado**

La determinación del flujo de caja para la producción de tomate en el sistema acolchado se realizó en base a un ciclo de producción de 6 meses. El área disponible para siembra fue de 500 m<sup>2</sup>.

En la Tabla 3.27 se puede observar las consideraciones iniciales para determinar el ingreso por ventas como el número de plantas sembradas dentro de 500 m<sup>2</sup> y el precio de venta por kg.

**Tabla 3.27.** Datos iniciales e ingresos por ventas para producción de tomate en suelo acolchado

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Número de plantas	2 100
Número de racimos por planta	10
Número de frutos por racimo	6
Peso de fruto (kg)	0,17
Rendimiento en 500 m <sup>2</sup> (kg)	21 420
Precio de venta (USD) por kg de tomate	1,00
Ingresos por venta (USD) de tomate (6 meses)	21 420,00
Ingresos por venta (USD) de tomate (anual)	42 840,00

**3.6.1.2 Costos variables de producción para producción de tomate en suelo acolchado**

Se tomaron en cuenta la mano de obra necesaria, insumos, así como las operaciones realizadas en el suelo previo al inicio del ensayo, como lo muestra el Anexo III. En la Tabla 3.28 se observa el costo total en que se incurre para la producción de tomates en suelo acolchado.

**Tabla 3.28.** Costos variables de producción (USD) para producción de tomate en suelo acolchado

<b>PARÁMETRO</b>	<b>COSTO (6 MESES)</b>	<b>COSTO ANUAL</b>
Preparación de suelo	20,00	40,00
Mano de obra	269,00	538,00
Plantines	252,00	504,00
Estiércol bovino	156,00	312,00
Fertilizantes	340,00	680,00
Plaguicidas	19,25	38,50
Asistencia técnica	450,00	900,00
Luz eléctrica	2,42	4,83
Total	1 488,67	2 977,33

### 3.6.1.3 Costos fijos de producción para producción de tomate en suelo acolchado

El personal necesario para el sistema de producción de tomate en suelo acolchado fue: 1 jefe de producción, 1 vendedor y 2 guardias de seguridad.

Para hacer uso de agua de riego se pagó una cuota anual, independiente de la cantidad que se utilizó. Se puede observar el detalle de costos fijos de producción en la Tabla 3.29.

**Tabla 3.29.** Costos fijos de producción (USD) de tomate para producción de tomate en acolchado

PARÁMETRO	COSTO ANUAL
Sueldos	29 650,00
Agua de riego	26,78
Agua potable	36,00
Luz eléctrica	24,00
Total	29 736,78

### 3.6.1.4 Inversión inicial para producción de tomate en suelo acolchado

Se muestran en la Tabla 3.30, todas las inversiones previas para la adecuación de un sistema de producción acolchado.

**Tabla 3.30.** Inversiones iniciales para producción de tomate en suelo acolchado

<b>INVERSIÓN INICIAL</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (USD)</b>	<b>PRECIO TOTAL (USD)</b>	<b>TIEMPO EN QUE SE DEPRECIA (AÑOS)</b>
Terreno	m <sup>2</sup>	1 000	30,00	30 000,00	No se deprecia
Bomba de mochila	Unidad	1	150,00	150,00	4
Herramientas	Unidad	10	50,00	500,00	2
Equipo de riego	Unidad	1	800,00	800,00	5
Bombas eléctricas	Unidad	1	200,00	200,00	5
Invernadero	Unidad	1	5 000,00	5 000,00	10
Cuarto frío	Unidad	1	8 000,00	8 000,00	10
Camioneta	Unidad	1	15 000,00	15 000,00	10
Generador eléctrico	Unidad	1	350,00	350,00	10
Gavetas	Unidad	15	4,50	67,50	5
Postes	Unidad	30	2,10	63,00	5
Alambre no. 14	m	432	0,09	38,88	5
Cinta tutor	m	6 000	0,01	30,00	2
Plástico negro	kg	100	0,60	60,00	1
Total				60 259,38	

### **3.6.1.5 Inversión de reemplazo, en capital de trabajo y financiamiento para producción de tomate en suelo acolchado**

La inversión de reemplazo se refiere aquella que se realiza una vez que el activo haya cumplido con su tiempo de vida útil. Por ejemplo, la bomba de mochila que se compró al inicio cumple su ciclo de vida útil a los cuatro años, lo que implica que se realice una compra de una nueva para el reemplazo.

Con lo que respecta a capital de trabajo se tomó en cuenta el dinero con el cual se debe disponer para la operación hasta el cuarto mes una vez iniciado el proyecto.

Para la determinación de la cantidad a financiar se determinó el monto total de la inversión al año cero (inversión inicial + inversión en capital de trabajo). Se determinó que un 60 % del monto total de inversión provenga de capital propio y un 40 % por financiamiento, como se puede observar en la Tabla 3.31. La tasa de interés mensual fue de 0,94 % a un plazo de 12 meses.

Los detalles de las cantidades registradas en mano de obra, insumos necesarios, inversión de reemplazo y capital de trabajo para la producción de tomate en suelo acolchado, se observan con detalle en el Anexo III.

**Tabla 3.31.** Financiamiento y capital propio (USD) para producción de tomate en suelo acolchado

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Inversión inicial	60 259,38
Inversión capital de trabajo	11 145,66
Monto total de inversión al año 0	71 405,04
Financiamiento	30 000,00

### **3.6.1.6 Flujo de caja para producción de tomate en suelo acolchado**

En la Tabla 3.32 se observa el flujo de caja para la producción de tomate en un sistema de producción acolchado.

**Tabla 3.32.** Flujo de caja (USD) para producción de tomate en suelo acolchado

PARÁMETRO	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos	0,00	42 840,00	42840,00	42840,00	42840,00	42840,00
Costos variables	0,00	-2 977,33	-2 977,33	-2 977,33	-2 977,33	-2 977,33
Costos fijos	0,00	-32 766,78	-32 766,78	-32 766,78	-32 766,78	-32 766,78
Gastos administración	0,00	-67,72	-67,72	-67,72	-67,72	-67,72
Gastos de ventas	0,00	-40,00	-40,00	-40,00	-40,00	-40,00
Interés préstamo	0,00	-1 864,43	0,00	0,00	0,00	0,00
Depreciación	0,00	-3 616,38	-3 616,38	-3 616,38	-3 616,38	-3 616,38
Utilidad antes impuesto	0,00	1 507,36	3 371,80	3 371,80	3 371,80	-16 659,54
Impuesto	0,00	-226,10	-505,77	-505,77	-505,77	0
Utilidad neta	0,00	1 281,26	2 866,03	2 866,03	2 866,03	-16 659,54
Depreciación	0,00	3 616,38	3 616,38	3 616,38	3 616,38	3 616,38
Inversión inicial	-60 259,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inversión de reemplazo	0,00	0,00	-60,00	-590,00	-510,00	-740,00
Inversión capital de trabajo	-12 155,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Préstamo	30 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amortización deuda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor de desecho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Flujo de caja</b>	<b>-42 415,04</b>	<b>-22 313,75</b>	<b>12 660,23</b>	<b>12 130,23</b>	<b>12 210,23</b>	<b>-11 980,23</b>

**Tabla 3.32.** Flujo de caja (USD) para producción de tomate en suelo acolchado (continuación...)

PARÁMETRO	AÑO				
	6	7	8	9	10
Ingresos	42 840,00	42 840,00	42 840,00	42 840,00	42 840,00
Costos variables	-2 977,33	-2 977,33	-2 977,33	-2 977,33	-2 977,33
Costos fijos	-32 766,78	-32 766,78	-32 766,78	-32 766,78	-32 766,78
Gastos administración	-67,72	-67,72	-67,72	-67,72	-67,72
Gastos de ventas	-40,00	-40,00	-40,00	-40,00	-40,00
Interés préstamo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Depreciación	-3 616,38	-3 616,38	-3 616,38	-3 616,38	-3 616,38
Utilidad antes impuesto	3 371,80	3 371,80	3 371,80	3 371,80	3 371,80
Impuesto	-505,77	-505,77	-505,77	-505,77	-505,77
Utilidad neta	2 866,03	2 866,03	2 866,03	2 866,03	2 866,03
Depreciación	3 616,38	3 616,38	3 616,38	3 616,38	3 616,38
Inversión inicial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inversión de reemplazo	-1 229,38	-1 040,00	-60,00	-740,00	-510,00
Inversión capital de trabajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Préstamo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amortización deuda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor de desecho	0,00	0,00	0,00	0,00	375,00
<b>Flujo de caja</b>	<b>11 490,85</b>	<b>11 680,23</b>	<b>12 660,23</b>	<b>11 980,23</b>	<b>12 585,23</b>

Tasa interna de retorno: 10 %

Valor actual neto: 39 917,87 USD

### 3.6.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN N.F.T.

#### 3.6.2.1 Ingresos por ventas de tomate en sistema N.F.T.

La determinación del flujo de caja para la producción de tomate en el sistema N.F.T. se realizó en base a un ciclo de producción de 12 meses. El área disponible para siembra fue de 500 m<sup>2</sup>.

En la Tabla 3.33 se puede observar las consideraciones iniciales para determinar el ingreso como el número de plantas sembradas dentro de 500 m<sup>2</sup>, así como el precio de venta por kg.

**Tabla 3.33.** Datos iniciales e ingresos por ventas para producción de tomate en N.F.T.

PARÁMETRO	VALOR
Número de plantas	1 100
Número de racimos por planta	30
Número de frutos por racimo	6
Peso de fruto (kg)	0,22
Rendimiento anual en 500 m <sup>2</sup> (kg)	43 560
Precio (USD) por kg	1,00
Ingresos (USD) por venta de tomate (anual)	43 560,00

#### 3.6.2.2 Costos fijos y variables de producción de tomate en N.F.T.

Los costos fijos de producción fueron iguales a los del sistema acolchado que se detallan en la Tabla 3.29.

Los costos variables estaban conformados por los insumos (plantines, fertilizantes, plaguicidas), mano de obra para la implementación del sistema N.F.T. En la Tabla 3.34 se pueden observar los costos variables que se incurren para este sistema de producción.

**Tabla 3.34.** Costos variables de producción (USD) para producción de tomate en N.F.T.

<b>PARÁMETRO</b>	<b>COSTO ANUAL</b>
Mano de obra	249,00
Plantines	132,00
Fertilizantes	481,50
Plaguicidas	23,85
Asistencia técnica	450,00
Luz eléctrica	91,81
Total	1 428,16

En el Anexo IV se presenta con detalle la mano de obra empleada en la implementación del sistema N.F.T., así como los insumos necesarios.

### **3.6.2.3 Inversión inicial para producción de tomate en N.F.T.**

Se muestran en la Tabla 3.35 todas las inversiones previas para la adecuación de un sistema de producción N.F.T. No se necesitó de plástico negro como en el sistema en suelo acolchado, pero si fue necesario de tubos P.V.C.

**Tabla 3.35.** Inversiones iniciales para producción de tomate en N.F.T.

<b>INVERSIÓN INICIAL</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (USD)</b>	<b>PRECIO TOTAL (USD)</b>	<b>TIEMPO EN QUE SE DEPRECIA (AÑOS)</b>
Terreno	m <sup>2</sup>	1 000	30,00	30.000,00	No se deprecia
Tubos	Tubo de 3 m	88	3,50	308,00	10
Bomba de mochila	Unidad	1	150,00	150,00	4
Herramientas	Unidad	10	50,00	500,00	2
Equipo de riego	Unidad	1	800,00	800,00	5
Bombas eléctricas	Unidad	1	200,00	200,00	5
Invernadero	Unidad	1	5 000,00	5 000,00	10
Cuarto frío	Unidad	1	8 000,00	8 000,00	10
Camioneta	Unidad	1	15 000,00	15 000,00	10
Generador eléctrico	Unidad	1	350,00	350,00	10
Gavetas	Unidad	15	4,50	67,50	5
Postes	Unidad	30	2,10	63,00	5
Alambre no. 14	m	432	0,09	38,88	5
Cinta tutor	m	6 000	0,01	30,00	2
Total				60 507,38	

#### **3.6.2.4 Inversión de reemplazo, en capital de trabajo y financiamiento para producción de tomate en N.F.T.**

Los criterios que se tomaron en cuenta para la inversión de reemplazo y capital de trabajo fueron similares a los del sistema en suelo acolchado.

En la Tabla 3.36 se observa la cantidad que se necesita obtener por financiamiento con respecto al monto total de inversión. Se requirió un 40 % del monto total de inversión sea por medio de financiamiento. La tasa mensual de interés de 0,94 % a un plazo de 12 meses.

Los detalles de las cantidades registradas en mano de obra, insumos necesarios, inversión de reemplazo y capital de trabajo para la producción de tomate en suelo acolchado, se observan con detalle en el Anexo IV.

**Tabla 3.36.** Financiamiento y capital propio (USD) para producción de tomate en N.F.T.

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Inversión inicial	60 507,38
Inversión capital de trabajo	10 918,79
Monto total de inversión al año 0	72 426,17
Financiamiento	30 000,00
Inversión capital propio	42 426,17

### 3.6.2.5 Flujo de caja para producción de tomate en N.F.T.

En la Tabla 3.37 se observa el flujo de caja para producción correspondiente al sistema hidropónico N.F.T.

**Tabla 3.37.** Flujo de caja (USD) para producción de tomate en N.F.T.

PARÁMETRO	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos	0,00	43 560,00	43 560,00	43 560,00	43 560,00	43 560,00
Costos variables	0,00	-1 428,16	-1 428,16	-1 428,16	-1 428,16	-1 428,16
Costos fijos	0,00	-32 773,38	-32 773,38	-32 773,38	-32 773,38	-32 773,38
Gastos administración	0,00	-56,31	-56,31	-56,31	-56,31	-56,31
Gastos de ventas	0,00	-40,00	-40,00	-40,00	-40,00	-40,00
Interés préstamo	0,00	-1 864,43	0,00	0,00	0,00	0,00
Depreciación	0,00	-3 402,18	-3 402,18	-3 402,18	-3 402,18	-3 402,18
Utilidad antes impuesto	0,00	3 995,54	5 859,88	5 859,88	5 859,88	5 859,88
Impuesto	0,00	-599,33	-879,00	-879,00	-879,00	-879,00
Utilidad neta	0,00	3 396,21	4 980,98	4 980,98	4 980,98	4 980,98
Depreciación	0,00	3 402,18	3 402,18	3 402,18	3 402,18	3 402,18
Inversión inicial	-60 507,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inversión de reemplazo	0,00	0,00	0,00	-530,00	-450,00	-680,00
Inversión capital de trabajo	-11 918,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Préstamo	30 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amortización deuda	0,00	-30 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor de desecho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Flujo de caja</b>	<b>-42 426,17</b>	<b>-15 809,86</b>	<b>19 224,11</b>	<b>18 694,11</b>	<b>18 774,11</b>	<b>18 544,11</b>

**Tabla 3.37.** Flujo de caja para producción de tomate en N.F.T. (continuación...)

PARÁMETRO	AÑO				
	6	7	8	9	10
Ingresos	43 560,00	43 560,00	43 560,00	43 560,00	43 560,00
Costos variables	-1 428,16	-1 428,16	-1 428,16	-1 428,16	-1 428,16
Costos fijos	-32 773,38	-32 773,38	-32 773,38	-32 773,38	-32 773,38
Gastos administración	-56,31	-56,31	-56,31	-56,31	-56,31
Gastos de ventas	-40,00	-40,00	-40,00	-40,00	-40,00
Interés préstamo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Depreciación	-3 402,18	-3 402,18	-3 402,18	-3 402,18	-3 402,18
Utilidad antes impuesto	5 859,98	5 859,98	5 859,98	5 859,98	5 859,98
Impuesto	-879,00	-879,00	-879,00	-879,00	-879,00
Utilidad neta	4 980,98	4 980,98	4 980,98	4 980,98	4 980,98
Depreciación	3 402,18	3 402,18	3 402,18	3 402,18	3 402,18
Inversión inicial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inversión de reemplazo	-1 169,38	-980,00	0	-680,00	-450,00
Inversión capital de trabajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Préstamo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amortización deuda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor de desecho	0,00	0,00	0,00	0,00	75,00
Flujo de caja	<b>18 054,73</b>	<b>18 244,11</b>	<b>19 224,11</b>	<b>18 544,11</b>	<b>18 849,11</b>

Tasa interna de retorno: 23 %

Valor actual neto: 100 804,40 USD

El precio de venta del tomate en el mercado es variable. Por esta razón se presentó en los flujos de caja de las Tablas 3.32 y 3.37 un escenario prudente al considerar un valor promedio de comercialización de este “commodity”.

Los ingresos percibidos en el sistema N.F.T. fueron mayores a los del sistema acolchado con una densidad de siembra menor debido al mayor tiempo de cosecha y además el peso de los frutos fue mayor en el sistema hidropónico.

Durante un año, en el sistema acolchado debido al cambio de un nuevo lote de plantines se cosechan tomates durante 6 meses. Es así que la fuerza de venta durante dicho tiempo de ausencia de cosecha no realiza ningún trabajo de venta. La tasa interna de retorno (T.I.R.) en ambos sistemas de producción fue mayor a la tasa de descuento proporcionada por el Banco Central del Ecuador de 9 %. Así también, el valor actual neto (V.A.N.) tanto para el sistema acolchado como para el sistema N.F.T. fue mayor a cero

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- Al estado M<sub>1</sub>, las plantas que se desarrollaron en el sistema N.F.T., manifestaron el primer ramillete floral a una distancia menor en comparación a las plantas que se desarrollaron en suelo acolchado, en parte debido a que realizaron un mayor gasto energético en el desarrollo de su sistema radicular para el proceso de absorción de nutrientes. Además, la cantidad de nutrientes disponible en el suelo acolchado fue mayor, por lo que las plantas tuvieron mayor disponibilidad de elementos minerales para el estado fenológico en mención. La distancia a la que se registró el primer ramillete floral de los tratamientos, acolchado – Sheila y acolchado – Syta fue de 24,96 y 27,58 cm. Los menores valores de distancia al primer racimo fueron para los cultivares Sheila y Syta en N.F.T. con una distancia de 21,40 y 26,08 cm.
- Respecto a las observaciones adicionales realizadas al estado fenológico M<sub>1</sub>, el número de flores en el sistema N.F.T. fue menor debido a que la planta priorizó el desarrollo de su sistema radicular a la generación de flores.
- El sistema de producción hidropónico N.F.T., tuvo influencia en el diámetro del tallo, no así con las plantas en suelo acolchado, cuya disminución gradual en el diámetro del tallo, puso en evidencia la pérdida de vigor de la planta ya que realizó la absorción de nutrientes con mayor dificultad que en el sistema hidropónico.

Los tratamientos, acolchado – Sheila y acolchado – Syta registraron valores de diámetro del tallo al primer racimo de 9,15 y 11,91 mm. Estos valores disminuyeron en el quinto y décimo racimo. A diferencia de las plantas en el sistema N.F.T., que registraron valores de diámetro del tallo al primer, quinto y décimo racimo entre 10,25 y 12,04 mm para Sheila y Syta.

- La naturaleza de cada sistema de producción, determinó la disponibilidad de nutrientes hacia los cultivares evaluados. De esta manera, a diferencia del estado fenológico  $M_1$  en el cual las plantas en el sistema N.F.T. realizaron una mayor absorción de nutrientes, en los siguientes estados fenológicos las plantas en suelo acolchado sufrieron una marcada disminución en sus procesos de crecimiento y desarrollo.
- Las plantas que se desarrollaron en el sistema N.F.T., mostraron una mejor respuesta de defensa al ataque de *Oidium neolycopersici* debido a que presentaron una mejor disposición nutricional. Además, la distancia que existió entre líneas de aproximadamente 2 metros, constituyó una barrera natural que mejoró la ventilación de la parcela hidropónica.
- Las plantas desarrolladas en el sistema hidropónico registraron mayores alturas que sus similares en suelo acolchado debido a que el sistema hidropónico favoreció la disponibilidad de nutrientes directamente al sistema radicular, mejorando los procesos fenológicos que se observaron a través de la uniformidad del diámetro del tallo a lo largo del ensayo. Además, el cultivar influyó de manera significativa en el diámetro del tallo como lo mostró el cultivar Syta en el sistema hidropónico registrando un diámetro de 11,69 mm al décimo racimo.
- El factor sistema de producción no tuvo influencia significativa en el número de frutos por racimo que cada tratamiento registró. No así, con el factor cultivar. Sheila registró 5 frutos por racimo en suelo acolchado o en N.F.T. Syta registró 6 frutos por racimo en cualquiera de los dos sistemas de producción evaluados.
- Los cultivares Sheila y Syta, en el sistema N.F.T. obtuvieron mayores pesos de fruto que sus similares en suelo acolchado debido a que en el sistema hidropónico, existió mayor disponibilidad de nutrientes y su absorción se realizó con mayor facilidad. El cultivar Sheila en N.F.T.

registró un peso de fruto 12 % mayor a Sheila – acolchado. Mientras que, Syta – N.F.T. registró un peso de fruto 23 % mayor a Syta – acolchado.

- El sistema de producción hidropónico N.F.T., constituye una alternativa viable como elemento necesario para la producción de materia prima dentro de un complejo agroindustrial en el cual, se busque incrementar el valor comercial para la unidad de producción agrícola.
- El sistema hidropónico N.F.T., se presenta como una opción positiva enfocada hacia la matriz productiva del Ecuador, que fomentaría la producción nacional de tomates para ser utilizados en la producción de salsa “Kétchup” disminuyendo la demanda de pasta de tomate que actualmente es importada para la elaboración del producto mencionado.
- La producción de tomates hidropónicos con características agroindustriales constituyen una alternativa productiva que motive el desarrollo de unidades de producción agroindustriales que contribuyan a disminuir las importaciones de pasta de tomate, utilizadas como insumo para la producción de salsa “kétchup”.
- El sistema de producción N.F.T., con una densidad de siembre menor que en suelo acolchado, registró un mayor rendimiento por área de producción y por ende se generaron más ingresos por venta.
- El sistema de producción en suelo acolchado genera una T.I.R. del 10 % y un V.A.N. de 39 917,87 USD. Los indicadores financieros para el sistema N.F.T. son: T.I.R. del 23 % y V.A.N. de 100 804,40 USD. De acuerdo a lo mencionado se concluye que ambos proyectos resultaron aceptables ya que presentaron una T.I.R. mayor a la tasa de descuento (9 %) y su respectivo V.A.N. fue mayor a cero.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos que permitan evaluar el impacto de diferentes colores de acolchado plástico sobre la producción de tomates en suelo cubierto.
- Realizar mediciones de temperatura y oxigenación de la solución nutritiva para la absorción de macro y micro nutrientes en el sistema hidropónico N.F.T.
- Desarrollar un modelo de producción técnico-económico que permita visualizar lotes económicamente rentables de producción en sistemas agrícolas alternativos tanto en suelo como hidropónicos.
- Realizar un ensayo en el cual se evalúe las características poscosecha de tomates cultivados en sistema N.F.T. y suelo acolchado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abad Berjón, M., Noguera Murray, P. y Carrión Benedito, C. (2005). Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. En Cadahia, C. (Ed.). *Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales* (pp. 299–354). Madrid, España: Mundi Prensa.
2. Abdul-Baki, A. y Spence, C. (1992). Black Polyethylene Mulch Doubled Yield of Fresh-market Field Tomatoes. *HortScience*, 27(7), 787–789.
3. Adams, S. R., Cockshull, K. E. y Cave, C. R. J. (2001). Effect of Temperature on the Growth and Development of Tomato Fruits. *Annals of Botany*, 88(5), 869–877.
4. Álvarez, M., Moya, C., Florido, M. y Plana, D. (2003). Resultados de la mejora genética del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y su incidencia en la producción hortícola de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 24(2), 63–70.
5. Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar. (2003). *El cultivo de tomate riñón en invernadero (Lycopersicon esculentum)*. Quito, Ecuador: Abya-Yala.
6. Bai, Y. y Lindhout, P. (2007). Domestication and Breeding of Tomatoes: What have We Gained and What Can We Gain in the Future? *Annals of Botany*, 100(5), 1085–1094.
7. Berry, W. y Knight, S. (1997). Plant culture in hydroponics. En Langhans, R. y Tibbitts, T. W. (Ed.). *Plant growth chamber handbook* (pp. 119–131). Estados Unidos: North Central Extension & Research Activity–101.

8. Besford, R. T. (1979). Effect of phosphorus nutrition in peat on tomato plant growth and fruit. *Plant and Soil*, 51(3), 341–353.
9. Besford, R. T. y Maw, G. A. (1975). Effect of potassium nutrition on tomato plant growth and fruit development. *Plant and Soil*, 42, 395–412.
10. Briassoulis, D. (2006). Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. *Polymer Degradation and Stability*, 91(6), 1256–1272.
11. Brown, J. E., Goff, W. D., Dangler, J. M., Hogue, W. y West, M. S. (1992). Plastic Mulch Color Inconsistently Affects Yield and Earliness of Tomato. *HortScience*, 27(10), 1135.
12. Cáceres Hernández, J. J. (2000). Costes de producción y exportación de tomate en Canarias. *Estudios Agrosociales Y Pesqueros*, 186, 175–201.
13. Ceccon, B. (2008). *El Comercio Justo en América Latina: Perspectivas y Desafíos*. Ciudad de México, México: Universidad Autónoma de México.
14. Chamarro, J. (1995). Anatomía y fisiología de la planta. En Nuez, F. (Ed.). *El cultivo de tomate* (pp. 43–91). Madrid, España: Mundi-Prensa.
15. Cih-Dzul, I. R., Jaramillo-Villanueva, J. L., Tornero-Campante, M. A. y Schwentesius-Rindermann, R. (2011). Caracterización de los sistemas de producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Estado de Jalisco, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2), 501–512.
16. Díaz-Pérez, J. C. (2010). Bell Pepper (*Capsicum annum* L.) Grown on Plastic Film Mulches: Effects on Crop Microenvironment,

- Physiological Attributes, and Fruit Yield. *HortScience*, 45(8), 1196–1204.
17. Díaz-Pérez, J. C. y Dean Batal, K. (2002). Colored Plastic Film Mulches Affect Tomato Growth and Yield Via Changes in Root-zone Temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(1), 127–135.
18. ECUAQUÍMICA. (2013a). *Azufre micronizado 80%*. Recuperado de: [http://www.ecuaquimica.com.ec/pdf\\_agricola/AZUFREMICRONIZADO.pdf](http://www.ecuaquimica.com.ec/pdf_agricola/AZUFREMICRONIZADO.pdf) (mayo, 2014)
19. ECUAQUÍMICA. (2013b). *Captan 50 PM y 80 DF-EQ*. Recuperado de: [http://www.ecuaquimica.com/pdf\\_agricola/CAPTAN50.pdf](http://www.ecuaquimica.com/pdf_agricola/CAPTAN50.pdf) (mayo, 2014)
20. ECUAQUÍMICA. (2013c). *Cipermetrina 20%/Cogollero*. Recuperado de: [http://www.ecuaquimica.com.ec/pdf\\_agricola/CIPERMETRINACOGOLLERO.pdf](http://www.ecuaquimica.com.ec/pdf_agricola/CIPERMETRINACOGOLLERO.pdf) (mayo, 2014)
21. ECUAQUÍMICA. (2013d). *Vertimec 1.8% C.E.* Recuperado de: [http://www.ecuaquimica.com.ec/pdf\\_agricola/VERTIMEC.pdf](http://www.ecuaquimica.com.ec/pdf_agricola/VERTIMEC.pdf) (mayo, 2014)
22. Giorno, F., Wolters-Arts, M., Mariani, C. y Rieu, I. (2013). Ensuring Reproduction at High Temperatures: The Heat Stress Response during Anther and Pollen Development. *Plants*, 2(3), 489–506.
23. Gordon, G. G., Foshee III, W. G., Reed, S. T., Brown, J. E. y Vinson III, E. L. (2010). The effects of colored plastic mulches and row covers on the growth and yield of okra. *HorTechnology*, 20(1), 224–233.

24. Gosselin, A., Charbonneau, J., Larouche, R., Vézina, L. y Trudel, M. (1988). Restrictions in vegetative growth of tomato plants imposed by altering the nitrogen concentration and the electrical conductivity of the nutrient solution. *Acta Horticulturae*, 222, 71–78.
25. Graves, C. J. (1983). The Nutrient Film Technique. En Janick, J. (Ed.). *Horticultural Reviews* (pp. 1–44). Estados Unidos: AVI Publishing Company.
26. Gruda, N. (2009). Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82(3), 141–147.
27. Guisande, C., Barreiro, A., Maneiro, I., Riveiro, I., Vergara, A. y Vaamonde, A. (2006). *Tratamiento de datos*. España: Ediciones Díaz de Santos.
28. Gül, A. y Sevgican, A. (1994). Suitability of various soilless media for long-term green-house tomato growing. *Acta Horticulturae*, 36, 437–444.
29. Gutierrez, V. R. (1996). *Caracterización de las demandas nutricional del tomate larga vida (Lycopersicon lycopersicum (L) Karsten)*. (Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Agronomía no publicada). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
30. Hesse, M., Halbritter, H., Zetter, R., Weber, M., Buchner, R., Frosch-Radivo, A. y Ulrich, S. (2009). *Pollen terminology*. doi:10.1007/978-3-211-79894-2
31. Heuvelink, E. (2005). Developmental processes. En Heuvelink, E. (Ed.). *Tomatoes* (pp. 53–83). Reino Unido: CABI Publishing.

32. Ho, L. C. y Hewitt, J. D. (1986). Fruit development. En Atherton, J. G. y Rudich, J. (Ed.). *The Tomato Crop* (pp. 201–239). Estados Unidos: Chapman and Hall.
33. INEC. (2013). *Visualizador de estadísticas agropecuarias del Ecuador ESPAC*. Recuperado de: [http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com\\_content&view=article&id=103&Itemid=75](http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=75) (mayo, 2014)
34. Jackson, M. B. (1980). Aeration in the nutrient film technique of glasshouse production and the importance of oxygen, ethylene and carbon dioxide. *Acta Horticulturae*, 98, 61–78.
35. Jaramillo, J. E., Sánchez, G. D., Rodríguez, V. P., Aguilar, P. A., Zapata, M. Á. y Guzmán, M. (2013). Generalidades del cultivo. En Jaramillo, J. E. y Sánchez, G. D. (Ed.). *Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas* (pp. 93–139). Bogotá, Colombia: Corpoica.
36. Jones Jr, J. B. (2005). *Hydroponics: a practical guide for the soilless grower* (2da. ed.). Estados Unidos: CRC Press.
37. Jones Jr, J. B. (2008). *Tomato plant culture: in field, greenhouse and home garden* (2da. ed.). Estados Unidos: CRC Press.
38. Khanal, B. (2012). *Effect of day and night temperature on pollen characteristics, fruit quality and storability of tomato*. (Tesis de maestría no publicada). Norwegian University of Life Sciences, Ås, Noruega.
39. Krauss, S., Schnitzler, W. H., Grassmann, J. y Voitke, M. (2006). The influence of different electrical conductivity values in a simplified recirculating soilless system on inner and outer fruit quality

- characteristics of tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(2), 441–448.
40. Lamont, W. J. (1993). Plastic Mulches for the Production of Vegetable Crops. *HorTechnology*, 3(1), 35–39.
41. Lamont, W. J. (2005). Plastics: Modifying the Microclimate for the Production of Vegetable Crops. *HorTechnology*, 15(3), 477–481.
42. Lara Herrera, A. (2000). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra*, 17(3), 221–229.
43. Magán, J. J., Gallardo, M., Thompson, R. B. y Lorenzo, P. (2008). Effects of salinity on fruit yield and quality of tomato grown in soil-less culture in greenhouses in Mediterranean climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 95(9), 1041–1055.
44. Mazzucato, A., Taddei, A. R. y Soressi, G. P. (1998). The parthenocarpic fruit (pat) mutant of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sets seedless fruits and has aberrant anther and ovule development. *Development*, 125(1), 107–114.
45. Menary, R. C. y Van Staden, J. (1976). Effect of Phosphorus Nutrition and Cytokinins on Flowering in the Tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Australian Journal of Plant Physiology*, 3(2), 201–205.
46. Mirshekari, B., RajabLarijani, H. R., AghaAlikhani, M., Farahvash, F. y Rashidi, V. (2012). Evaluation of biodegradable and polyethylene mulches in sweet corn production. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(20), 1540–1545.

47. Moorby, J. y Graves, C. J. (1980). Root and air temperature effects on growth and yield of tomatoes and lettuce. *Acta Horticulturae*, 98, 29–43.
48. Moreno, M. M. y Moreno, A. (2008). Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. *Scientia Horticulturae*, 116(3), 256–263.
49. Ngouajio, M. y Ernest, J. (2004). Light Transmission Through Colored Polyethylene Mulches Affects Weed Populations. *HortScience*, 39(6), 1302–1304.
50. Nuez, F., Gil Ortega, R. y Costa, J. (1996). *El cultivo de pimientos, chiles y ajíes*. España: Mundi Prensa Libros.
51. ODEPA. (2012). *Situación del tomate para consumo fresco*. Recuperado de: <http://www.odepa.cl/odepaweb/publicaciones/doc/6395.pdf> (mayo, 2014)
52. Papadopoulos, A. (1991). *Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media*. Canada: Agriculture Canada Publication.
53. Pedroza, H. (1993). *Fundamentos de experimentación agrícola*. Managua, Nicaragua: Editora de Arte.
54. Powell, A. y Bennett, A. (2002). Tomato. En Valpuesta, V. (Ed.). *Fruit and Vegetable Biotechnology* (pp. 185–221). Cambridge, Inglaterra: Woodhead Publishing Limited.
55. Pressman, E., Peet, M. M. y Pharr, D. M. (2002). The Effect of Heat Stress on Tomato Pollen Characteristics is Associated with Changes in Carbohydrate Concentration in the Developing Anthers. *Annals of Botany*, 90(5), 631–636.

56. Puerta, A. R., Sato, S., Shinohara, Y. y Maruo, T. (2007). A Modified Nutrient Film Technique System Offers a More Uniform Nutrient Supply to Plants. *HorTechnology*, 17(2), 227–233.
57. Renda da Costa, P. M. (2007). *A quantified approach to tomato plant growth status for greenhouse production in a semi-arid climate*. (Tesis de doctorado no publicada). The University of Arizona, Tucson, Estados Unidos.
58. Resh, H. M. (2013). *A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener And the Commercial Hydroponic Grower* (7ma. ed.). Estados Unidos: CRC Press.
59. Rijk Zwaan. (2013). *International Catalogue 2012– 2013*. Recuperado de: [http://www.takadaseed.com/wordpress/wp-content/themes/takada\\_tmp/img/rijk-zwaan/Rijk\\_Zwaan\\_International\\_Catalogue\\_2012-13.pdf](http://www.takadaseed.com/wordpress/wp-content/themes/takada_tmp/img/rijk-zwaan/Rijk_Zwaan_International_Catalogue_2012-13.pdf) (junio, 2014)
60. SAKATA. (2012). *Sheila: F1 Hybrid Indeterminate Salad Tomato*. Recuperado de: <http://sakata.co.za/VegSeedQrevDocs/Tomato/INDETERMINATE SALAD TOMATO/Commercial Varieties/SHEILA.pdf> (julio, 2014)
61. Sato, S., Peet, M. M. y Thomas, J. F. (2000). Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under chronic, mild heat stress. *Plant, Cell and Environment*, 23(7), 719–726.
62. Sato, S., Peet, M. M. y Thomas, J. F. (2002). Determining critical pre- and post-anthesis periods and physiological processes in *Lycopersicon esculentum* Mill. exposed to moderately elevated temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 53(371), 1187–1195.

63. Savvas, D. (2003). Hydroponics: A modern technology supporting the application of integrated crop management in greenhouse. *Food, Agriculture y Environment*, 1(1), 80–86.
64. Scarascia-Mugnozza, G., Schettini, E., Vox, G., Malinconico, M., Immirzi, B. y Pagliara, S. (2006). Mechanical properties decay and morphological behaviour of biodegradable films for agricultural mulching in real scale experiment. *Polymer Degradation and Stability*, 91(11), 2801–2808.
65. Scholberg, J., McNeal, B. L., Boote, K. J., Jones, J. W., Locascio, S. J. y Olson, S. M. (2000). Nitrogen Stress Effects on Growth and Nitrogen Accumulation by Field-Grown Tomato. *Agronomy Journal*, 92(1), 159–167.
66. Sengupta, A. y Banerjee, H. (2012). Soil-less culture in modern agriculture. *World Journal of Science and Technology*, 2(7), 103–108.
67. Serrani, J. C. (2008). *Interacción de Giberelinas y Auxinas en la Fructificación del Tomate*. (Disertación doctoral no publicada). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
68. Serrano, M., Zapata, P. J., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S. y Valero, D. (2005). Post-harvest ripening of tomato. En Preedy, V. y Watson, R. (Ed.). *Tomatoes and Tomato Products* (pp. 67–84). Estados Unidos: Science Publishers: Science Publishers.
69. Siavichay, M. G. (2011). *Aclimatación de 10 cultivares de tomate (Lycopersicon esculentum Mill), en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo*. (Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniera Agrónoma no publicada). ESPOCH, Riobamba, Ecuador.

- 70.SINAGAP. (2013). *Boletín de precios al productor: análisis de variaciones*. Recuperado de: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/images/flippingbook/pproductor/files/assets/downloads/publication.pdf> (abril, 2014)
- 71.Stevens, M. A., y Rick, C. M. (1986). Genetics and breeding. En Atherton, J. G. y Rudich, J. (Ed.). *The Tomato Crop* (pp. 35–109). Estados Unidos: Chapman and Hall.
- 72.Taylor, I. B. (1986). Biosystematics of the tomato. En Atherton, J. G. y Rudich, J. (Ed.). *The Tomato Crop* (pp. 1–34). Estados Unidos: Chapman and Hall.
- 73.Tindall, J. A., Mills, H. A. y Radcliffe, D. E. (1990). The effect of root zone temperature on nutrient uptake of tomato. *Journal of Plant Nutrition*, 13(8), 939–956.
- 74.Vallejo Cabrera, F. y Estrada Salazar, E. (2004). *Producción de hortalizas de clima cálido*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- 75.Van Der Ploeg, A. y Heuvelink, E. (2005). Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: a review. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 80(6), 652–659.

## **ANEXOS**

## ANEXO I

### CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS QUE SE UTILIZARON PARA CONTROL FITOSANITARIO DURANTE EL ENSAYO

#### **Captan**

Fungicida de contacto de amplio rango para el control de enfermedades causadas por hongos como *Pythium*, *Phoma*, *Rhizoctonia* spp., *Botrytis* spp., *Phytophthora* spp., *Septoria*, *Antracnosis*, *Venturia* y *Alternaria* .

Mecanismo de acción: actúa sobre el patógeno interfiriendo varias reacciones químicas durante la respiración del hongo. Es un inhibidor multisitio del proceso de respiración.

Toxicidad: Categoría toxicológica IV (franja verde).

DL<sub>50</sub> Oral ratas: 9 000 – 10 000 mg/kg

DL<sub>50</sub> Dermal ratas: > 4 500 mg/kg

Disuelva la cantidad de producto indicada luego aplique sobre el follaje. Para el control de hongos de suelo, espolvoree sobre la tierra y luego riegue para incorporar. El tiempo de espera para reingresar al área tratada es de 48 horas sin embargo si requiere ingresar antes del periodo mencionado es necesario usar equipo de protección personal (ECUAQUÍMICA, 2013b).

#### **Cipermetrina**

Insecticida piretroide de amplio espectro con acción estomacal y de contacto que actúa sobre insectos como trips, defoliadores, minadores y áfidos, en cultivos ornamentales.

Mecanismo de acción: paraliza el sistema nervioso del insecto ya que actúa sobre el axón influenciando el paso de los átomos de sodio. No tiene una acción sistémica y se requiere que las aplicaciones sean de buen cubrimiento.

Toxicidad: Categoría toxicológica II (franja amarilla- moderadamente peligroso).

DL<sub>50</sub> Oral: 1 000 – 15 000 mg/kg

DL<sub>50</sub> Dermal: 12 000 mg/kg

Esperar 12 horas para reingresar al área tratada y utilizar equipo de protección personal en caso sea necesario reingresar antes del tiempo (ECUAQUÍMICA, 2013c).

### **Abamectina**

Insecticida translaminar que actúa como un veneno estomacal y de contacto directo para el control de ácaros y minadores.

Mecanismo de acción: actúa sobre el sistema nervioso del insecto inmovilizándolo. Elimina las larvas de minador e inhibe la formación de nuevas minas en las hojas. Además, disminuye la ovoposición de las hembras adultas que se encuentran expuestas a los residuos foliares frescos.

Toxicidad: categoría toxicológica II (franja amarilla – moderadamente peligroso).

DL<sub>50</sub> Aguda oral rata: 650 mg/kg

DL<sub>50</sub> Aguda dermal conejo: 2 000 mg/kg (ECUAQUÍMICA, 2013d).

### **Azufre micronizado**

Fungicida multisitio a base de azufre, excelente para el control de enfermedades fungosas. Su modo de acción es a nivel celular donde interfiere en el proceso de reducción de azufre que puede alterar el funcionamiento de la célula.

Toxicidad: Categoría toxicológica IV (franja verde)(ECUAQUÍMICA, 2013a).

## ANEXO II

### CONFIRMACIÓN DE SUPUESTOS PREVIOS A LA REALIZACIÓN DEL ANOVA

Previo a la elaboración del análisis de varianza, se confirmaron tres supuestos que son: la distribución normal o normalidad del error, homogeneidad de la varianza de todos los tratamientos e independencia de los errores.

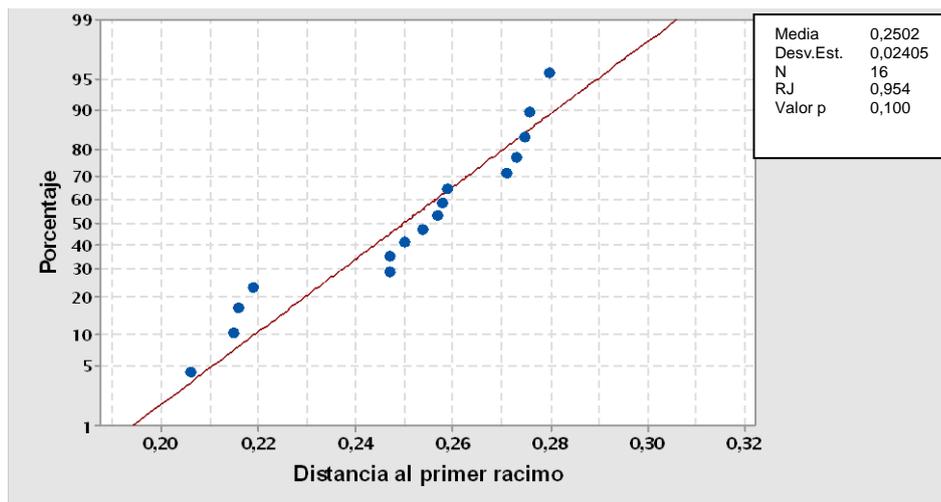
Para probar la normalidad del error se utilizó como criterio de aceptación-rechazo la prueba de Shapiro-Wilks. Se tomó como hipótesis nula  $H_0$  de que el tratamiento se distribuye normal.

$H_0$ : El tratamiento se distribuye normal.

$H_1$ : El tratamiento no se distribuye normal.

Se utilizó el test de Shapiro-Wilks de acuerdo al número de repeticiones que se disponía ( $n = 4$ ). Para aceptar o rechazar la hipótesis nula se calculó un parámetro estadístico  $p$ , el cual se compara con un valor  $p$  crítico que es el nivel de significancia (0,05). Si el parámetro estadístico  $p$  es mayor a 0,05 se acepta  $H_0$ , caso contrario se la rechaza debido a que este estadístico mide el ajuste a una línea recta a  $45^\circ$  (Guisande, Barreiro, Maneiro, Riveiro, Vergara y Vaamonde, 2006, p. 56). Para la realización del test de Shapiro-Wilks se utilizó el software Minitab 17 y los resultados se muestran a continuación.

De acuerdo a los resultados de la Figura AII.1, el valor  $p$  fue mayor a 0,1, es decir se aceptó  $H_0$ , por lo que si cumplió el supuesto de normalidad.



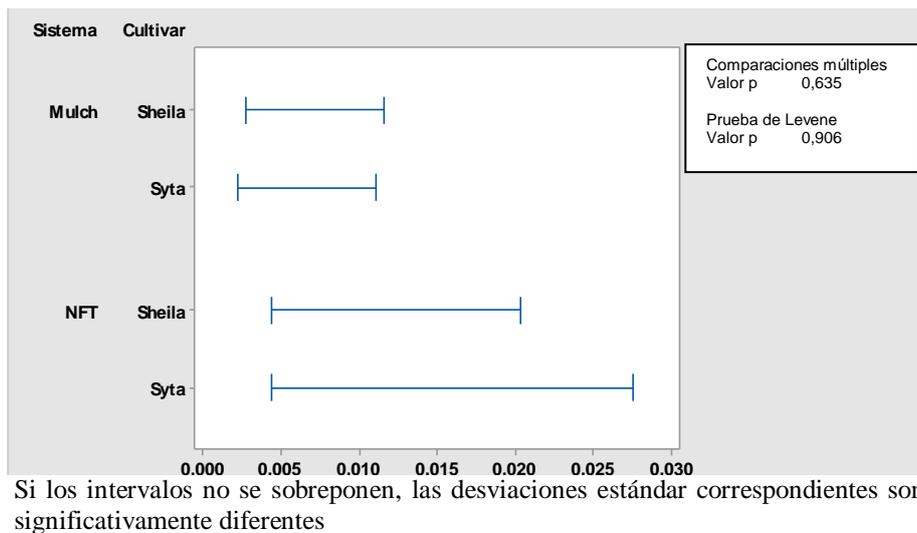
**Figura AII.1.** Prueba de Shapiro-Wilks para la distancia al primer ramillete floral

Para evaluar la homocedasticidad u homogeneidad de varianzas se realizó el test de Levene. La hipótesis nula acepta todas las varianzas de los todos los tratamientos son iguales.

$H_0$ : Las varianzas de los tratamientos son iguales.

$H_1$ : Las varianzas de los tratamientos no son iguales.

Para aceptar  $H_0$ , se evalúa un valor estadístico p y se compara con el valor de significancia 0,05. Si el valor p calculado es mayor a 0,05 se acepta  $H_0$  y se cumple el supuesto de homocedasticidad de las varianzas. Para la realización del test de Levene se utilizó el software Minitab 17 y los resultados se exponen en la Figura AII.2.

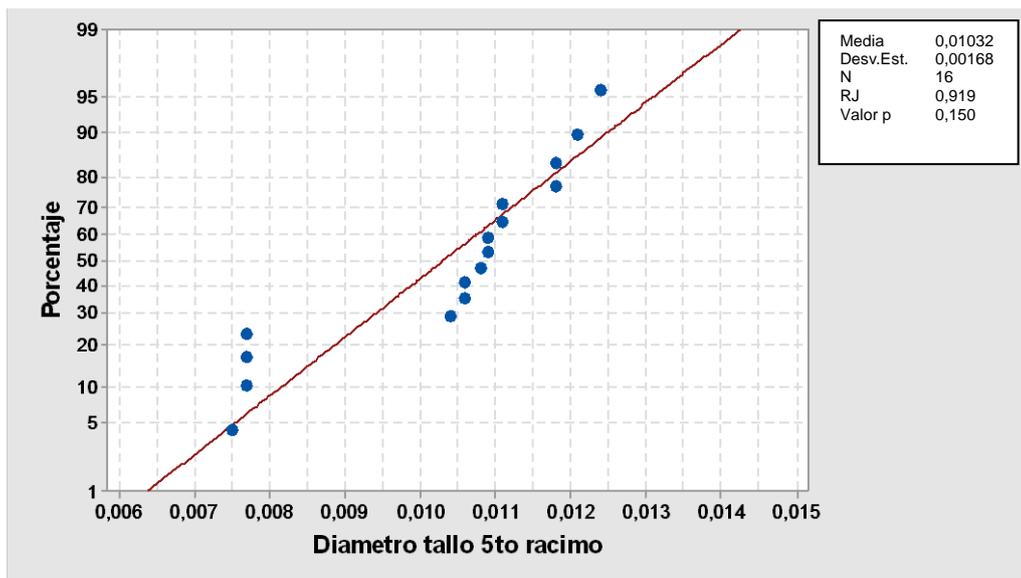


**Figura AII.2.** Prueba de Levene para la distancia al primer ramillete floral

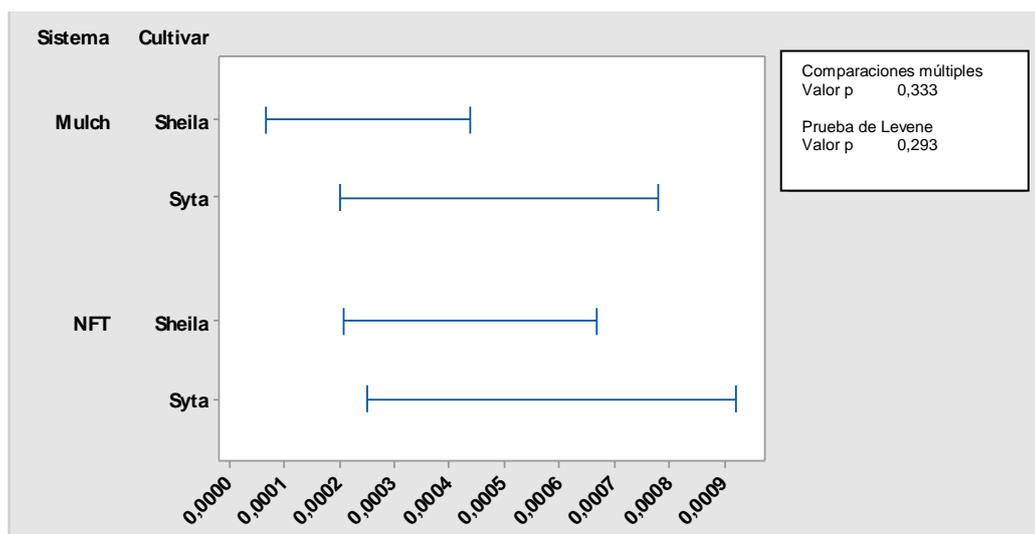
De acuerdo a la Figura AII.2, el valor p según la prueba de Levene fue mayor a 0,05 y el supuesto de homocedasticidad si se cumplió.

Por último se cumplió con la independencia del error porque se utilizó un diseño completamente aleatorizado (D.C.A).

A continuación se presentan, la prueba de Shapiro-Wilks y la prueba de Levene para cada una de las mediciones que se realizaron en el ensayo.

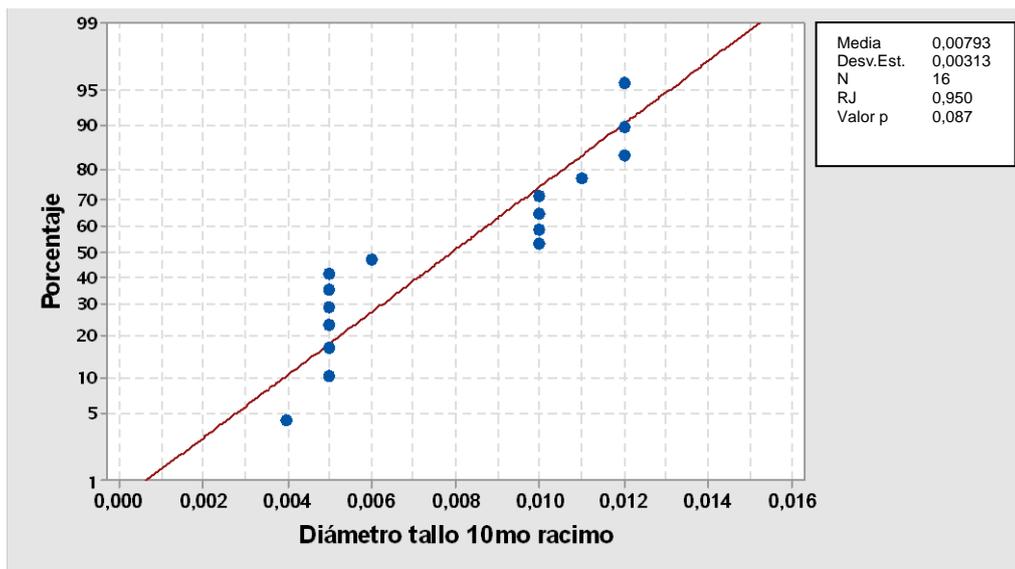


**Figura AII.3.** Prueba de Shapiro-Wilks para el diámetro del tallo al quinto racimo

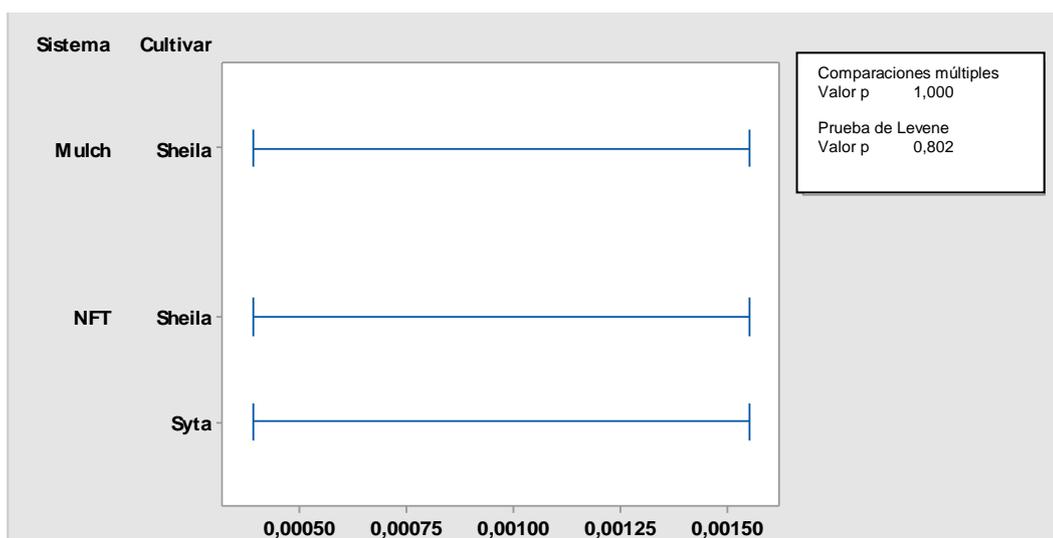


Si los intervalos no se superponen, las desviaciones estándar correspondientes son significativamente diferentes

**Figura AII.4.** Prueba de Levene para el diámetro del tallo al quinto racimo

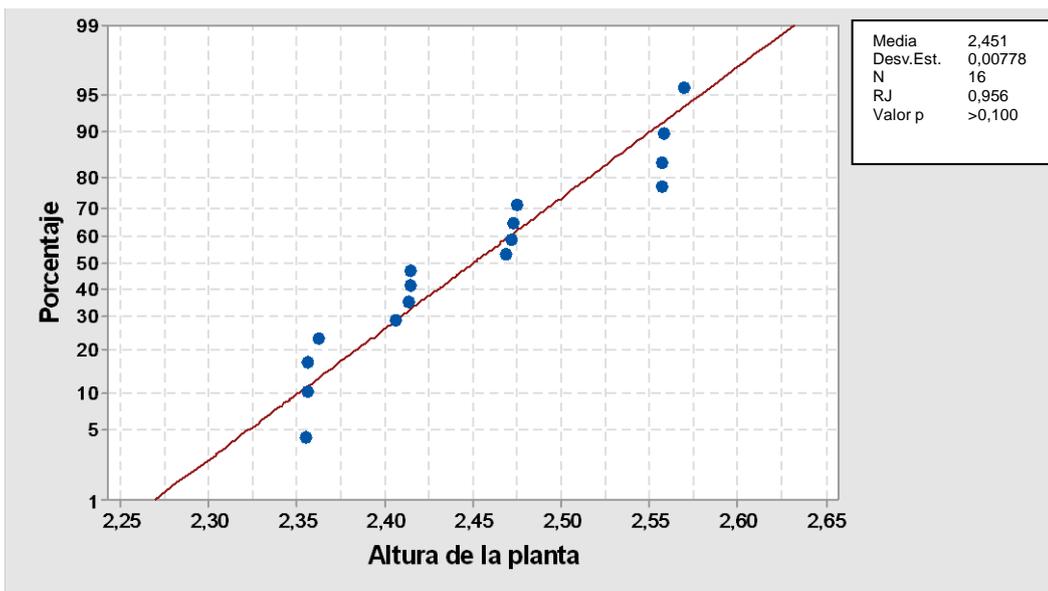


**Figura AII.5.** Prueba de Shapiro-Wilks para el diámetro del tallo al décimo racimo

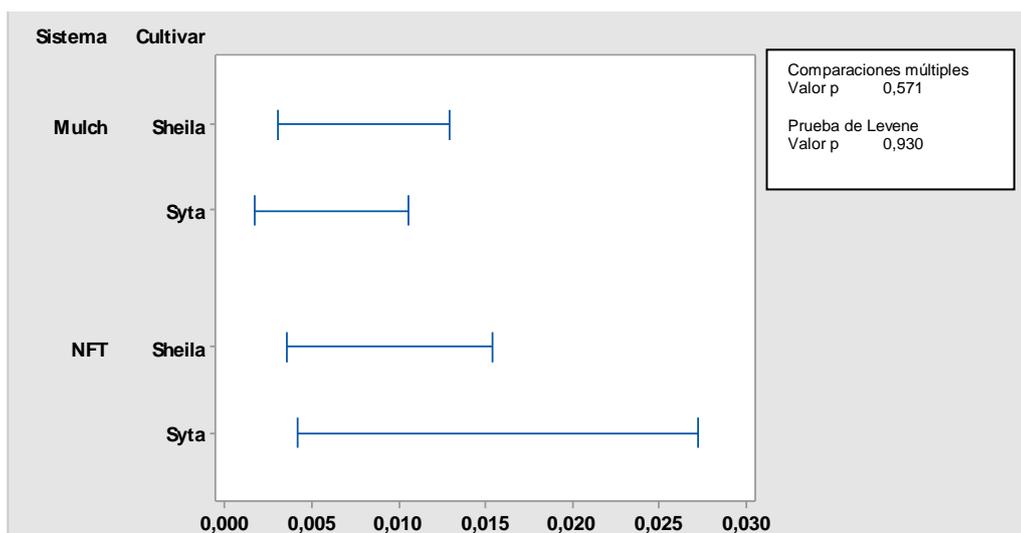


Si los intervalos no se sobrepone, las desviaciones estándar correspondientes son significativamente diferentes

**Figura AII.6.** Prueba de Levene para el diámetro del tallo al décimo racimo

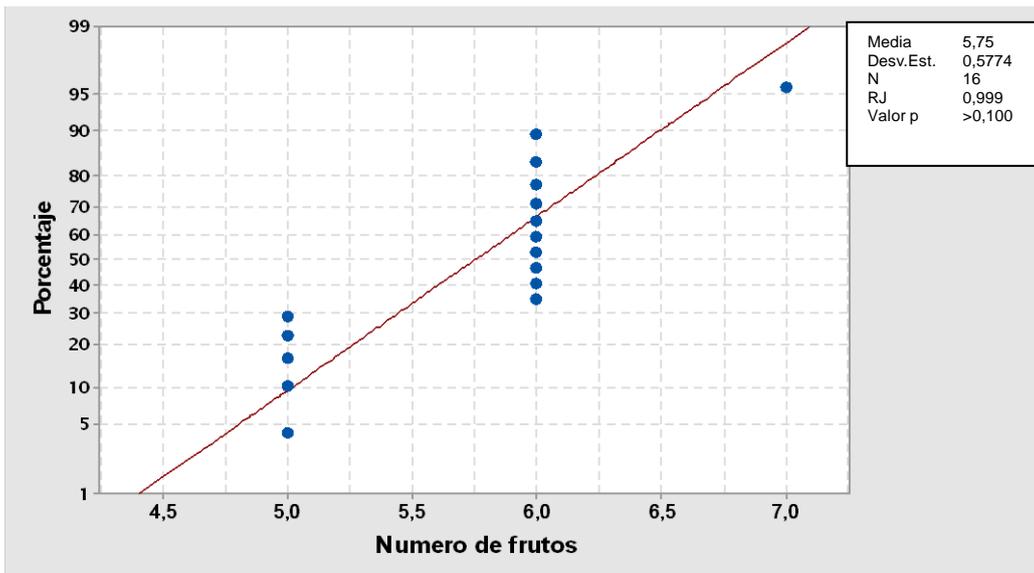


**Figura AII.7.** Prueba de Shapiro-Wilks para la longitud de la planta

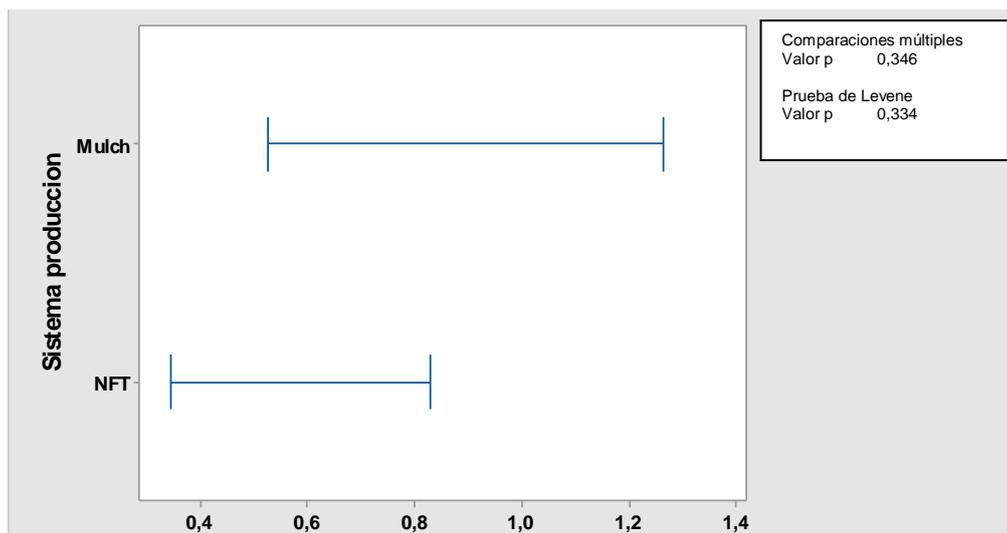


Si los intervalos no se sobrepone, las desviaciones estándar correspondientes son significativamente diferentes

**Figura AII.8.** Prueba de Levene para la longitud de la planta

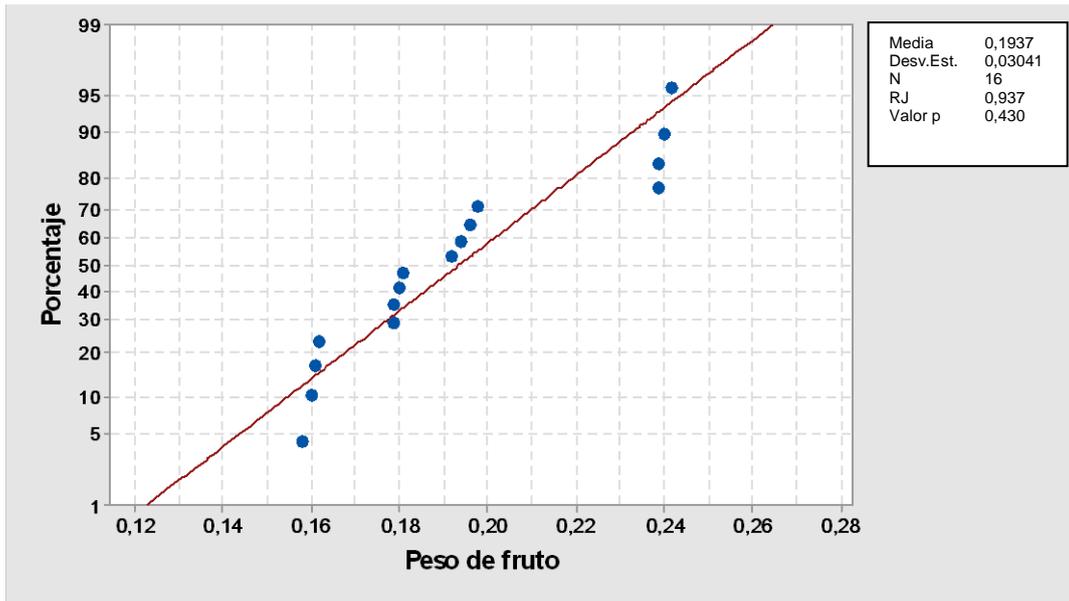


**Figura AII.9.** Prueba de Shapiro-Wilks para el número de frutos por racimo

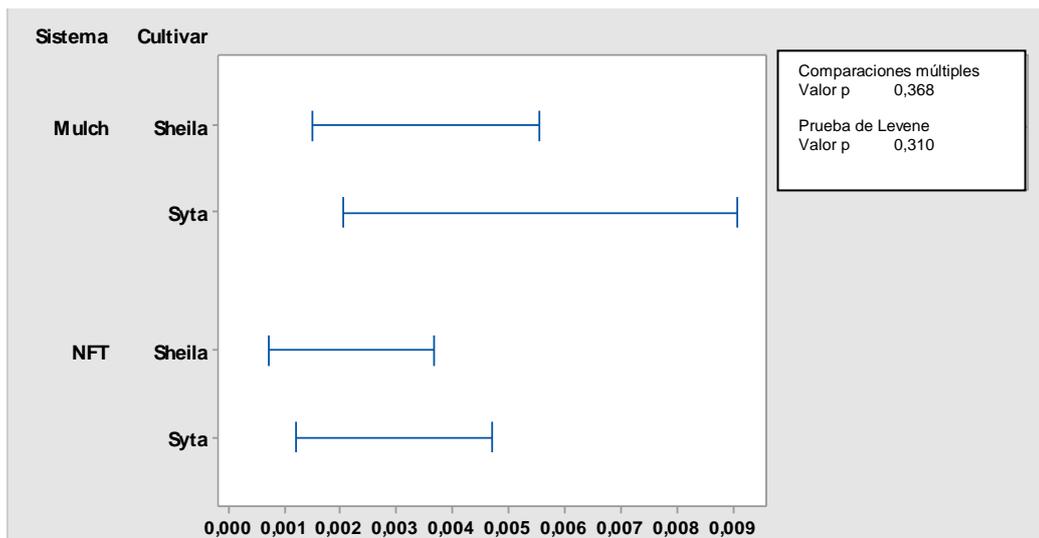


Si los intervalos no se superponen, las desviaciones estándar correspondientes son significativamente diferentes

**Figura AII.10.** Prueba de Levene para el número de frutos por racimo

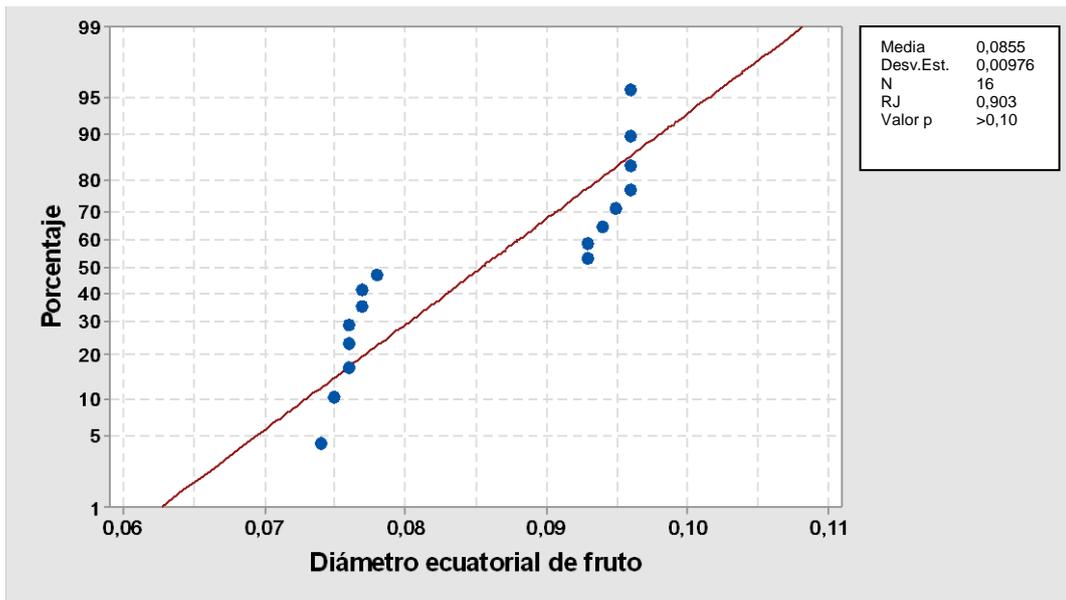


**Figura AII.11.** Prueba de Shapiro-Wilks para el peso de fruto

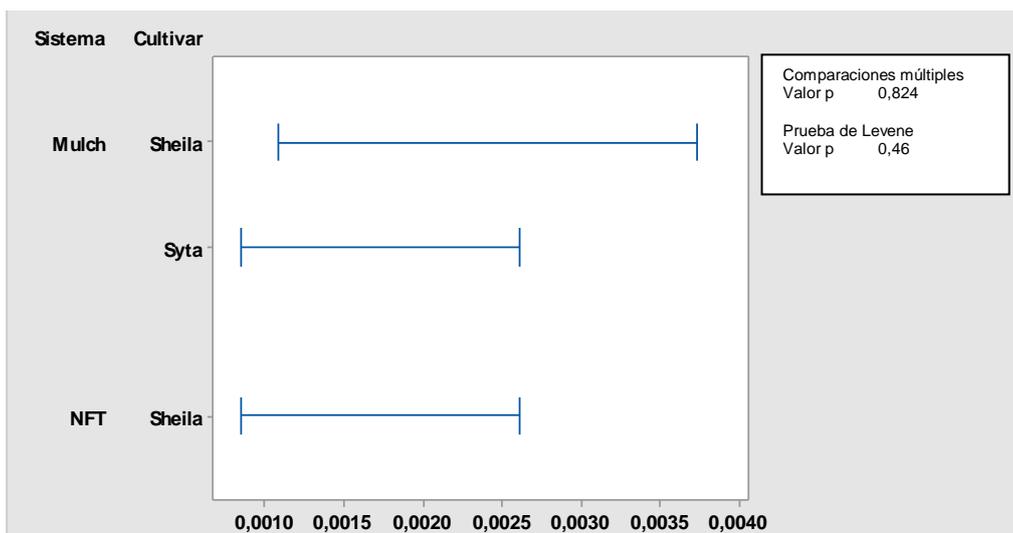


Si los intervalos no se superponen, las desviaciones estándar correspondientes son significativamente diferentes

**Figura AII.12.** Prueba de Levene para el peso de fruto

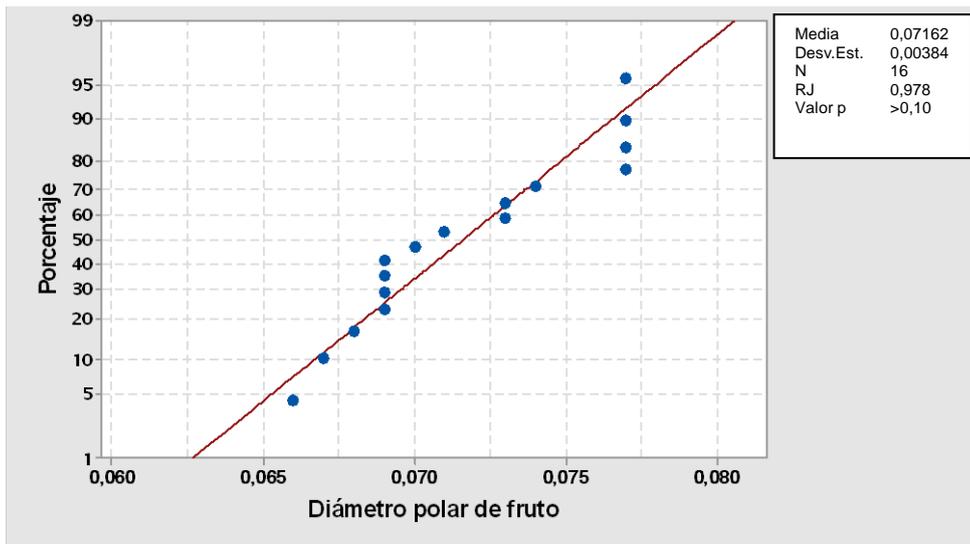


**Figura AII.13.** Prueba de Shapiro-Wilks para el diámetro ecuatorial de fruto

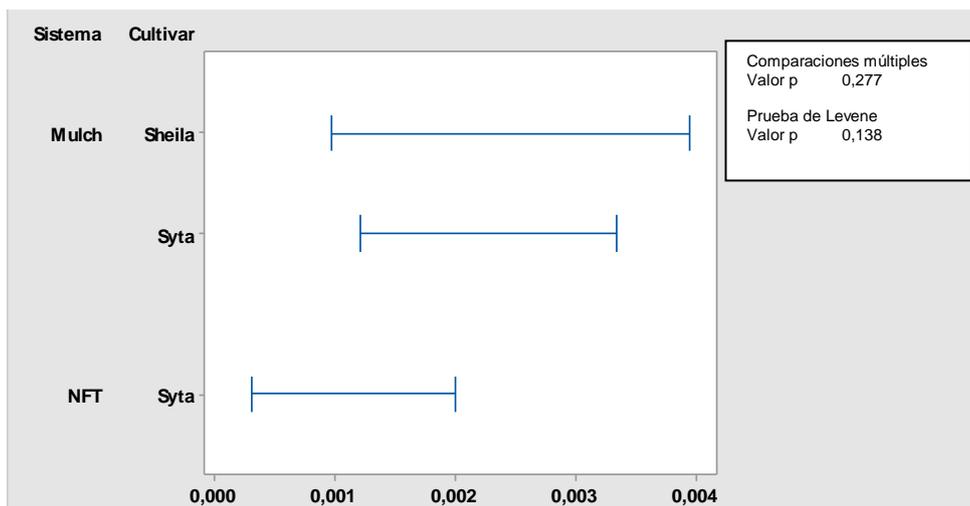


Si los intervalos no se superponen, las desviaciones estándar correspondientes son significativamente diferentes

**Figura AII.14.** Prueba de Levene para el diámetro ecuatorial de fruto



**Figura AII.15.** Prueba de Shapiro-Wilks para el diámetro polar de fruto



Si los intervalos no se sobrepone, las desviaciones estándar correspondientes son significativamente diferentes

**Figura AII.16.** Prueba de Levene para el diámetro polar de fruto

### ANEXO III

## CÁLCULOS PREVIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL FLUJO DE CAJA PARA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN SUELO ACOLCHADO

**Tabla AIII.1.** Mano de obra para la producción de tomate en suelo acolchado

MANO DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Limpieza del campo	Jornal	1	10,00	10,00
Elaboración camas	Jornal	5	10,00	50,00
Aplicación abono	Jornal	1	10,00	10,00
Aplicación fitosanitarios	Jornal	0,4	10,00	4,00
Trasplante	Jornal	2	10,00	20,00
Replanteo	Jornal	0,5	10,00	5,00
Tutoreo	Jornal	5	10,00	50,00
Riegos	Jornal	2	10,00	20,00
Cosecha	Jornal	10	10,00	100,00
			Total	269,00

**Tabla AIII.2.** Insumos necesarios para la producción de tomate en suelo acolchado

INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Fertilizantes minerales				
Sulpomag	kg	12,5	0,49	6,13
18-46-0	kg	12,5	0,79	9,88
Cal agrícola	kg	12,5	0,24	3,00
Nitrato de Calcio	kg	125	0,60	75,00
Nitrato de Magnesio	kg	25	0,29	7,25
Nitrato de Potasio	kg	150	0,64	96,00
Nitrato de Amonio	kg	25	0,80	20,00
Fosfato monopotásico	kg	75	0,37	27,75
Sulfato de magnesio	kg	25	0,60	15,00
Complejo micro elementos	L	2	6,50	13,00
Calcio-Boro quelatado	L	5	5,20	26,00
13-40-13 hidrosoluble	kg	4	4,10	16,40
3-11-38 hidrosoluble	kg	6	4,10	24,60
Plaguicidas				
Cipermetrina	L	0,5	2,50	1,25
Captan	g	100	0,02	2,10
New-Mectin (abamectina)	L	100	0,05	5,40
Aceite de Neem	L	1	4,50	4,50
Azufre micronizado	kg	2	3,00	6,00
			Total	359,25

**Tabla AIII.3.** Capital de trabajo (USD) para producción de tomate en suelo acolchado

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Preparación de suelo	20,00
Mano de obra	
• Limpieza del campo	10,00
• Elaboración camas	50,00
• Aplicación abono	10,00
• Aplicación fitosanitarios	4,00
• Trasplante	20,00
• Replanteo	5,00
• Tutoreo	50,00
• Riegos	13,33
• Cosecha	66,67
Plantines	252,00
Estiércol bovino	156,00
Fertilizantes	226,67
Plaguicidas	12,83
Agua potable	12,00
Luz eléctrica	8,00
Sueldo jefe producción	3 632,33
Sueldo vendedor	2 622,33
Sueldo guardias	3 628,67
Asistencia técnica	150,00
Gastos administrativos	22,57
Gastos de ventas	20,00
Mantenimiento	153,25
<b>Total</b>	<b>11 145,66</b>

**Tabla AIII.4.** Inversión de reemplazo (USD) para la producción de tomate en suelo acolchado

PARÁMETRO	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
Bomba de mochila	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	150,00
Herramientas	0,00	0,00	0,00	500,00	0,00	500,00
Equipo de riego	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bombas eléctricas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gavetas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Postes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alambre no. 14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cinta tutor	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00	30,00
Plástico negro	0,00	0,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Plástico de cubierta	0,00	0,00	0,00	0,00	450,00	0,00
<b>Total</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>60,00</b>	<b>590,00</b>	<b>510,00</b>	<b>740,00</b>

**Tabla AIII. 4.** Inversión de reemplazo (USD) para la producción de tomate en suelo acolchado (continuación...)

PARÁMETRO	AÑO				
	6	7	8	9	10
Bomba de mochila	0,00	0,00	0,00	150,00	0,00
Herramientas	0,00	500,00	0,00	500,00	0,00
Equipo de riego	800,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bombas eléctricas	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gavetas	67,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Postes	63,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alambre no. 14	38,88	0,00	0,00	0,00	0,00
Cinta tutor	0,00	30,00	0,00	30,00	0,00
Plástico negro	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Plástico de cubierta	0,00	450,00	0,00	0,00	450,00
<b>Total</b>	<b>1 229,38</b>	<b>1 040,00</b>	<b>60,00</b>	<b>740,00</b>	<b>510,00</b>

## ANEXO IV

### CÁLCULOS PREVIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL FLUJO DE CAJA PARA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN N.F.T.

**Tabla AIV.1.** Mano de obra para la producción de tomate en N.F.T.

MANO DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Aplicación fitosanitarios	Jornal	0,4	10,00	4,00
Trasplante	Jornal	2	10,00	20,00
Replanteo	Jornal	0,5	10,00	5,00
Tutoreo	Jornal	5	10,00	50,00
Riegos	Jornal	2	10,00	20,00
Cosecha	Jornal	15	10,00	150,00
			Total	249,00

**Tabla AIV.2.** Insumos necesarios para la producción de tomate en N.F.T.

<b>INSUMOS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO (USD)</b>	<b>VALOR TOTAL (USD)</b>
Fertilizantes minerales				
Nitrato de Calcio	kg	187,5	0,60	112,50
Nitrato de Magnesio	kg	37,5	0,29	10,88
Nitrato de Potasio	kg	225	0,64	144,00
Nitrato de Amonio	kg	37,5	0,80	30,00
Fosfato monopotásico	kg	112,5	0,37	41,63
Sulfato de magnesio	kg	37,5	0,60	22,50
Complejo micro elementos	L	3	6,50	19,50
Calcio-Boro quelatado	L	7,5	5,20	39,00
13-40-13 hidrosoluble	kg	6	4,10	24,60
3-11-38 hidrosoluble	kg	9	4,10	36,90
Plaguicidas				
New-Mectin (abamectina)	L	150	0,05	8,10
Aceite de Neem	L	1,5	4,50	6,75
Azufre micronizado	kg	3	3,00	9,00
			<b>Total</b>	<b>505,35</b>

**Tabla AIV.3.** Capital de trabajo (USD) para la producción de tomate en N.F.T.

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Mano de obra	
• Aplicación fitosanitarios	4,00
• Trasplante	20,00
• Replanteo	5,00
• Tutoreo	50,00
• Riegos	13,33
• Cosecha	100,00
Plantines	132,00
Fertilizantes	321,00
Plaguicidas	15,90
Agua de riego	12,00
Luz eléctrica	10,20
Sueldo jefe producción	4 137,33
Sueldo vendedor	3 127,33
Sueldo guardias	3 628,67
Asistencia técnica	150,00
Gastos administrativos	18,77
Gastos de ventas	20,00
Mantenimiento	153,25
<b>Total</b>	<b>11 918,79</b>

**Tabla AIV.4.** Inversión de reemplazo (USD) para la producción de tomate en N.F.T.

PARÁMETRO	AÑO											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Tubos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bomba de mochila	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	150,00	0,00	0,00	0,00	150,00	0,00	0,00
Herramientas	0,00	0,00	0,00	500,00	0,00	500,00	0,00	500,00	0,00	500,00	0,00	0,00
Equipo de riego	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	800,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bombas eléctricas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gavetas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	67,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Postes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	63,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alambre no. 14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cinta tutor	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00	30,00	0,00	30,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Plástico de cubierta	0,00	0,00	0,00	0,00	450,00	0,00	0,00	450,00	0,00	0,00	450,00	0,00
<b>Total</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>530,00</b>	<b>450,00</b>	<b>680,00</b>	<b>1 169,38</b>	<b>980,00</b>	<b>0,00</b>	<b>680,00</b>	<b>450,00</b>	<b>0,00</b>