



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE UN HÍBRIDO DE
TOMATE (*Solanum lycopersicum*. L) BAJO DIFERENTES
MÉTODOS DE TUTOREO, EN RÍO VERDE, SANTA ELENA
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor: Véliz Panchana Joseline Cecilia

LA LIBERTAD, AGOSTO 2026



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE UN HÍBRIDO DE
TOMATE (*Solanum lycopersicum*. L) BAJO DIFERENTES
MÉTODOS DE TUTOREO , EN RÍO VERDE, SANTA
ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Véliz Panchana Joseline Cecilia

Tutora: Ing. Araceli Solís Lucas, Ph.D.

LA LIBERTAD, AGOSTO 2026

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **JOSELINE CECILIA VÉLIZ PANCHANA** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniera Agropecuaria de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 11/08/2026



Ing. Verónica Cristina Andrade Y. Ph.D.
DIR. DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Rocío Maribel Yagual De la Cruz. Mgtr.
PROFESORA ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Araceli Solís Lucas. Ph.D.
PROFESORA TUTORA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Nadia Quevedo Pinos. Ph.D.
PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Com. Washington Perero Vera. Mgtr.
ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO



Ing. Com. Washington Vidal Perero Vera. Mgtr.
ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento de forma infinita es para Dios, quien siempre puso situaciones que me ayudaron de forma directa para poder alcanzar este sueño que lo tenía postergado mucho tiempo; solo él sabe cuánto luché por alcanzar el sueño de ser Ingeniera Agropecuaria. A mi familia por motivarme a seguir siempre y no parar, a mi querido novio que fue mi mayor fortaleza apoyándome siempre en todo lo que necesité en el proyecto de tesis.

A la ingeniera Araceli Solís Lucas por ser mi tutora y guiarme para poder realizar un excelente trabajo. Gracias a mi querida directora y mis docentes por orientarme y darme la oportunidad para poder culminar esta meta.

Le agradezco al Ing. Miguel Castillo por ayudarme a salir adelante con mi proyecto en Río Verde, gracias por brindarme todo su conocimiento y consejos para que mis plantas estén bien y pueda avanzar de la mejor manera.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado para Dios, por darme esa luz y sabiduría para culminar esta etapa, para mis dos madres amadas Martha y Agripina que han sido un ejemplo a seguir y mi inspiración para terminar mi carrera universitaria. Se lo dedico a los pequeños horticultores de la provincia, mi trabajo está enfocado a mejorar la producción y el rendimiento del cultivo de tomate.

RESUMEN

El cultivo de tomate representa una opción significativa para los agricultores de Santa Elena; esta investigación se llevó a cabo en el Centro de Apoyo Río Verde, entre septiembre de 2025 y enero de 2026, con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico del tomate híbrido Sheila n utilizando dos métodos de tutorado: rafia agrícola y hortomalla. Cada tratamiento se compuso de cinco repeticiones, y cada repetición incluyó 20 plantas, sumando un total de 200 plantas. Para la evaluación, se seleccionaron al azar 10 plantas por repetición y se midieron variables como la altura de planta y el diámetro del tallo a los 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante; también se evaluaron la masa del fruto, el diámetro polar, diámetro ecuatorial, °Brix, pH, rendimiento por hectárea y costos de producción. Los resultados mostraron que la altura de la planta no presentó diferencias significativas entre los métodos de tutorado, mientras que el diámetro del tallo fue mayor en plantas con hortomalla. En cuanto a las características morfo-químicas del fruto, solo la masa mostro diferencia significativa, mientras que las demás variables se mantuvieron similares; en relación al rendimiento: la rafia agrícola produjo 33.69 t/ha, superando a la hortomalla, que obtuvo 26.45 t/ha. Además. La prueba de t reveló diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos ($p = 0.0104$): para los costos de producción la rafia agrícola presentó un costo inferior, \$303.42, en comparación con \$357.41 de la hortomalla. En conclusión, la rafia agrícola mostro un mayor rendimiento y menor costo de implementación de tutorado, y la hortomalla favoreció principalmente el grosor del tallo.

Palabras claves: costos de producción, cultivo de tomate, hortomalla, rafia agrícola.

ABSTRACT

Tomato cultivation represents a significant option for farmers in Santa Elena; this research was conducted at the Río Verde Support Center between September 2025 and January 2026, with the aim of evaluating the agronomic performance of the Sheila n hybrid tomato using two trellising methods: agricultural raffia and horticultural netting. Each treatment consisted of five replicates, with each replicate comprising 20 plants, for a total of 200 plants. For the evaluation, 10 plants per replicate were randomly selected, and variables such as plant height and stem diameter were measured at 30, 60, 90, and 120 days after transplanting; fruit mass, polar diameter, equatorial diameter, °Brix, pH, yield per hectare, and production costs were also assessed. The results showed no significant differences in plant height between the trellising methods, whereas stem diameter was greater in plants supported by horticultural netting. Regarding the fruit's morphochemical characteristics, only mass showed a significant difference, while the other variables remained similar; in terms of yield: agricultural raffia yielded 33.69 t/ha, outperforming hortomalla, which achieved 26.45 t/ha. The t-test revealed a statistically significant differences between the two methods ($p=0.0104$): regarding production costs, agricultural raffia showed a lower cost (\$303.42) compared to hortomalla (\$357.41). In conclusion, agricultural raffia demonstrated higher yield and lower trellising implementation costs, while horticultural netting primarily favored stem thickness.

Keywords: production costs, tomato cultivation, hortomalla, agricultural raffia.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE UN HÍBRIDO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*. L) BAJO DIFERENTES MÉTODOS DE TUTOREO EN RÍO VERDE, SANTA ELENA**” y elaborado por **Joseline Cecilia Véliz Panchana**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

“El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena”.



Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico	2
Objetivos	2
Objetivo General:	2
Objetivos Específicos:	2
Hipótesis	2
CAPÍTULO 1, REVISION BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Origen y taxonomía del tomate	3
1.2 Fenología del tomate	3
1.3 Características morfológicas, inflorescencia y fruto de Solanum lycopersicum 3	
1.4 Hábitos de crecimiento de una planta	5
1.4.1 Tomates de crecimiento indeterminado.....	6
1.5 Cultivar híbrido	6
1.5.1 Tipos de híbridos	6
1.5.2 Beneficios de usar una variedad de tomates híbridos.....	7
1.6 Características del tomate híbrido Sheila N (F1)	7
1.7 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de tomate	8
1.8 Requerimientos hídricos del cultivo de tomate	8
1.9 Requerimientos nutricionales del cultivo de tomate	8
1.9.1 Plagas de mayor incidencia en el cultivo de tomate.....	9
1.10 Comportamiento agronómico	9
1.11 Rendimiento del cultivo	9
1.12 Calidad del fruto	10
1.13 Costo de producción	10
1.14 Producción hortícola	10
1.15 Manejo agronómico del cultivo de tomate	10
1.15.1 Siembra en bandeja germinadora	10
1.15.2 Marco de plantación.....	11
1.15.3 Poda de formación.....	11
1.15.4 Poda de flores y frutos.....	11
1.15.5 Poda de chupones.....	12
1.15.6 Poda de hojas.....	12
1.16 Tutorio en las hortalizas	12
1.17 Rafia agrícola	13
1.17.1 Método del tutorado del colgado o tutorado tradicional usando rafia agrícola.....	13
1.18 Hortomalla	14
1.18.1 Método de entutorado usando hortomallas.....	14
1.19 Ventajas agronómicas del tutorio	14
1.20 Influencias del tutorio	15
1.21 Control de plagas y enfermedades de un cultivo	16
1.22 Parámetros para evaluar las características morfológicas del cultivo de tomate	16
1.22.1 Altura de la planta	16
1.22.2 Diámetro del tallo.....	17
1.23 Parámetros para evaluar las características morfo-químicas del tomate	17

1.23.1	Calidad por calibre del fruto	17
1.23.2	Diámetro polar del fruto	17
1.23.3	Diámetro ecuatorial del fruto	18
1.23.4	Grados brix del fruto	18
1.23.5	pH del fruto	18
1.24	Rendimiento de cultivo de tomate	19
1.25	Costo de producción de un cultivo	19
1.25.1	Costos directos e indirectos de una producción agrícola	19
1.25.2	Método para calcular el costo de producción de un cultivo	21
1.26	Antecedentes de investigación internacionales	21
1.27	Prueba de T para observaciones independientes	22
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS		22
2.1	Caracterización del área	22
2.2	Materiales, equipos y reactivos	23
2.2.1	Material biológico	23
2.2.2	Material de campo para riego, manejo y tutorado	23
2.2.3	Equipos de laboratorio	23
2.2.4	Materiales de laboratorio	24
2.3	Tipo de investigación	24
2.4	Diseño de investigación	24
2.4.1	Diseño experimental	24
2.5	Manejo del experimento	25
2.5.1	Siembra en bandeja germinadora	25
2.5.2	Preparación del terreno	25
2.5.3	Instalación del sistema de riego	25
2.5.4	Trasplante	26
2.5.5	Deshierbe	26
2.5.6	Poda de formación de la planta de tomate	26
2.5.7	Tutorado de los dos tratamientos	26
2.5.9	Análisis químicos del suelo	27
2.5.10	Plan de fertilización	28
2.5.11	Control fitosanitario	29
2.5.12	Frecuencia de riego	29
2.6	Parametros evaluados	31
2.6.1	Variables morfológicas de la planta y químicas del tomate	31
2.6.1.1	Altura de la planta (AP)	31
2.6.1.2	Diámetro del tallo (DT)	31
2.6.1.3	Diámetro polar del fruto (DPF)	31
2.6.1.4	Diámetro ecuatorial del fruto (DEF)	32
2.6.1.5	Masa del fruto (MF)	32
2.6.1.6	Grados brix del fruto (°BrixF)	32
2.6.1.7	pH del fruto (pHF)	32
2.6.2	Rendimiento del cultivo	33
2.6.3	Costo de producción del cultivo	33
2.7	Análisis estadístico de los resultados	33
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		34
3.1.	Efectos en los parámetros morfológicos de planta y propiedades morfo-químicas del fruto	35
3.1.1	Altura de la planta	34

3.1.2 Diámetro del tallo	35
3.1.3 Características Morfo-químicas del fruto	35
3.2 Resultados del rendimiento del cultivo de tomate por hectárea	37
3.3 Resultados del costo de producción del cultivo.....	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
Conclusiones.....	43
Recomendaciones.....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del tomate híbrido Sheila N (F1)	7
Tabla 2. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de tomate.....	8
Tabla 3. Peso de cada calibre de frutos.....	17
Tabla 4. Características climáticas del sitio experimental.....	22
Tabla 5. Tipos de tutorado para los tratamientos.....	26
Tabla 6. Análisis del suelo del área experimental	28
Tabla 7. Dosis de fertilizante utilizados para compensar el requerimiento nutricional del cultivo de tomate híbrido Sheila N.....	29
Tabla 8. Control fitosanitario del cultivo de tomate híbrido Sheila N	29
Tabla 9. Requerimiento hídricos y edafoclimáticos del cultivo de tomate híbrido Sheila N	29
Tabla 10. Coeficiente de cultivo y demanda neta de evapotranspiración del cultivo durante sus etapas de desarrollo	30
Tabla 11. Tiempo y frecuencia de riego por etapa de desarrollo del cultivo de tomate híbrido Sheila N.....	32
Tabla 12 . Prueba T de student, para altura de la planta a los 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante.....	34
Tabla 13. Prueba T para diámetro del tallo a los 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante.....	35
Tabla 14. Prueba T para características morfo-químicas del fruto	36
Tabla 15. Rendimiento del cultivo de tomate Sheila N.....	37
Tabla 16. Prueba t para el rendimiento del cultivo de tomate	38
Tabla 17. Costo de producción del tratamiento 1 (TRA)	39
Tabla 18. Costo de producción del tratamiento 2 (THM)	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía básica de la planta de tomate	4
Figura 2. Partes de la inflorescencia del tomate.....	5
Figura 3. Diferentes formas del tomate	5
Figura 4. Hábito de crecimiento indeterminado.....	6
Figura 5. Chupones axilares.	12
Figura 6. Diferentes tipos de tutorar.....	13
Figura 7. Ejemplo de tutorado con rafia agrícola.....	13
Figura 8. Esquema del tutorado con hortomallas.....	14
Figura 9. Locación del sitio experimental	22
Figura 10. Nudo corredizo con rafia.....	27
Figura 11. Esquema de tutorado con rafia agrícola.....	27

ÍNDICE DE ANEXOS

- Figura 1A.** Planta de tomate a los 30 días ddt
- Figura 2A.** Tomates sheila n extra grandes
- Figura 3A.** Plantas de tomate tutoradas con rafia agrícola
- Figura 4A.** Plantas de tomate tutoradas con hortomallas
- Figura 5A.** Realización del control fitosanitario
- Figura 6A.** Inflorescencia afectada por negrita
- Figura 7A.** Frutos del tratamiento con rafia agrícola
- Figura 8A.** Plantas cargadas de frutos sanos
- Figura 9A.** Análisis en el laboratorio de los frutos de los dos tratamientos
- Figura 10A.** Uso del refractómetro para hallar los °brix del fruto
- Figura 11A.** Medición del ph del fruto
- Figura 12A.** Medición del diámetro ecuatorial usando el calibrador
- Figura 13A.** Cosecha de tomates listos para su consumo
- Figura 14A.** Empaquetamiento de los tomates para su distribución
- Tabla 1A.** Prueba de t independiente para altura de la planta a los 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante
- Tabla 2A.** Prueba de t independiente para diámetro del tallo a los 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante
- Tabla 3A.** Prueba de t independiente para masa del fruto
- Tabla 4A.** Prueba de t independiente para diámetro ecuatorial del fruto
- Tabla 5A.** Prueba de t independiente para diámetro polar del fruto
- Tabla 6 A.** Prueba de t independiente para °brix del fruto
- Tabla 7 A.** Prueba de t independiente para ph del fruto
- Tabla 8 A.** Prueba de t independiente para rendimiento del fruto

INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate de mesa en el Ecuador constituye un producto fundamental de la canasta básica familiar, con un consumo promedio de 5 kg por persona al año. Este cultivo posee gran importancia para la agricultura del país, donde se siembran más de tres mil hectáreas, con una producción aproximada de 62 mil toneladas anuales. La mayoría de los productores se encuentran ubicados en la provincia de Santa Elena y en los valles de Azuay, Imbabura y Carchi, según Bayer Ecuador (2026).

Con el propósito de mejorar el desempeño del cultivo de tomate, se han integrado diferentes técnicas de manejo novedosas; una de estas, es el entutorado, una práctica que se ha posicionado como imprescindible, puesto que, permite que la planta crezca de manera vertical, previniendo que los frutos estén en contacto con el suelo, además de que promueve su desarrollo natural (Zayaz, 2024).

El método más utilizado para el tutorado en plantas es la rafia agrícola; no obstante, tiene diferentes desventajas ya que necesita una mayor cantidad de mano de obra, el incremento del estrés mecánico en las plantas y la mayor incidencia de virus, bacterias y hongos debido a la manipulación directa. Además, existe el riesgo de que las plantas colapsen por el deterioro de la rafia (Palomino, 2024).

En el mercado existen otros sistemas de tutorado, como el uso de hortomallas, que se ha implementado exitosamente en países como México y Estados Unidos; las mismas no solo brindan un soporte resistente y duradero, sino que además facilitan el manejo del cultivo, lo que permite alcanzar su máximo potencial de producción, traducándose en cosechas con mayor abundancia y de mejor calidad, con un crecimiento más uniforme que aumenta la productividad y rentabilidad; de la misma forma, las hortomallas son fáciles de instalar y poseen elevada resistencia a los rayos UV y a la intemperie, prolongando su vida útil (Montero, 2023).

En la provincia de Santa Elena, el número de horticultores ha disminuido progresivamente, una de las causas sería la falta de métodos eficientes que permitan mejorar el rendimiento del cultivo de tomate (Pozo, 2020). En este contexto, surge el interés de realizar la presente investigación, con el fin de llevar a cabo un estudio agronómico que permita determinar cuál de los dos métodos de tutorado, hortomallas o rafia agrícola, resulta más eficiente para el soporte de las plantas, contribuyendo así al fortalecimiento de las prácticas de manejo en pequeños y grandes productores de la provincia.

Problema Científico

¿Cuál es el efecto del uso de dos métodos de tutorio en las características agronómicas en el cultivo de tomate?

Objetivos

Objetivo General:

❖ Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de tomate bajo dos métodos de tutorio, hortomallas y rafia agrícola

Objetivos Específicos:

1. Determinar el efecto de dos métodos de tutorio sobre las características morfológicas de la planta y morfo-químicas del fruto.
2. Cuantificar el rendimiento del cultivo de tomate en función de los métodos de tutorio evaluados.
3. Comparar los costos de producción de los métodos de tutorio (hortomallas y rafia).

Hipótesis

Es más eficiente el uso de hortomallas en comparación con el tutorio mediante rafia agrícola en el cultivo de tomate.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Origen y taxonomía del tomate

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se reconoce como una de las hortalizas más relevantes a nivel mundial en superficie cultivada y volumen de producción, cuyo cultivo ha tenido gran progreso tecnológico, tanto en sistemas productivos como en mejoramiento de la genética (Martínez, 2024).

A su vez, es una hortaliza nativa de América, situada en la Región Andina (Sur de Colombia y al Norte de Chile), originaria de la Región Perú-Ecuador; que, en función de aquí, se propagó a toda América Tropical en las fases precolombinas, siendo cultivada por los Incas y Aztecas desde tiempos precolombinos (Cueva, 2019).

1.2 Fenología del tomate

Restrepo (2023) indica que la fenología del cultivo de tomate en cuanto a la duración de cada ciclo está determinada por la variedad y condiciones climáticas de la zona donde se siembra. La fase de desarrollo vegetativo de la planta está dividida por cuatro subetapas que comprenden desde la siembra en semillero, germinación, formación de 3 a 4 hojas verdaderas y el trasplante a campo abierto, donde el tiempo de duración de toda la etapa inicial es de 30 a 35 días.

La siguiente etapa es la de reproducción que integra las fases de floración que inicia a los 25 - 28 días después del trasplante; la etapa de fructificación incluye la formación y llenado del fruto, así como la madurez hasta llegar al momento de la cosecha, la cual inicia entre 85 a 90 ddt. La etapa reproductiva del cultivo dura 180 días; mientras que, la fase fenológica del cultivo de tomate tiene una duración total de 7 meses aproximadamente (Lima, 2023).

1.3 Características morfológicas, inflorescencia y fruto de *Solanum lycopersicum*

- **Planta:** es considerada una planta perenne, aunque la mayoría de los productores la cultivan como anual, dicotiledónea y herbácea. Su sistema radicular pivotante puede crecer de 1.5 a 2 metros de profundidad. La planta desarrolla cepas que crecen como tallos ramificados, mientras que, en la parte superior se encuentra una yema apical; cuando el brote deja de desarrollarse, la planta empieza a generar brotes laterales y en consecuencia, nuevas cepas (Gorini, 2024).

Según Gómez (2024), las hojas de tomate son generalmente compuestas, pero algunas variedades poseen hojas simples, de 10 a 25 cm de largo, pinnadas con 5-7 folíolos y están cubiertas de pequeñas vellosidades. El tallo es anguloso y se recubre de una vellosidad, donde gran parte de estos tricomas son glandulares y brindan a la planta su aroma distintivo (Figura 1).

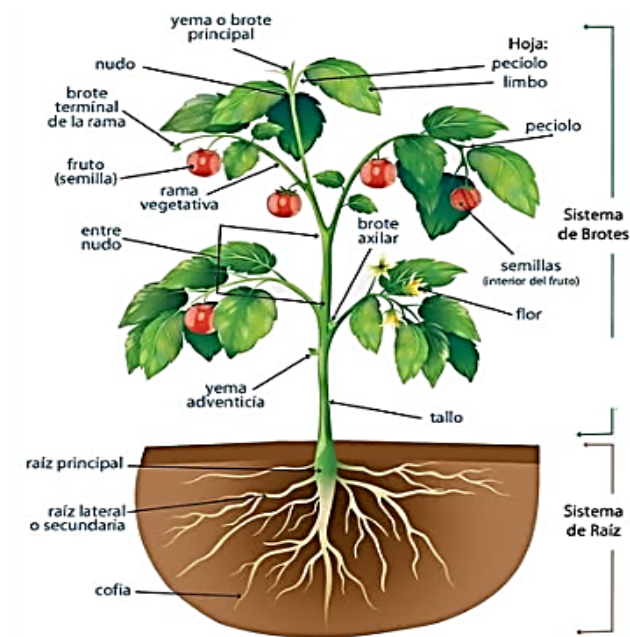


Figura 1. Anatomía básica de la planta de tomate (García, 2020).

- **Inflorescencia:** presenta una cima racimosa que está compuesta de 2 a 12 flores hermafroditas de color amarillo, con un diámetro de 1 a 2 cm; crecen en el meristemo apical y poseen una polinización autógena. En cultivares de crecimiento determinados, las plantas poseen un patrón donde en primer lugar brota una inflorescencia luego de cada tres hojas, después se modifica a una inflorescencia luego de cada dos hojas hasta que se para el crecimiento en la rama al brotar en su ápice una inflorescencia terminal. En plantas con crecimiento indeterminado, se mantiene de forma continua un patrón de desarrollo, en el que, luego de cada tres hojas, emerge una inflorescencia (Núñez, 2024).

Contreras *et al.*, (2019) mencionan que la apertura de flores sucede de forma progresiva, permitiendo observar de manera simultánea flores y frutos en diversas fases de desarrollo dentro de una misma estructura floral; por su parte, la flor está caracterizada por presentar una corola amarilla en forma de estrella,

que se compone básicamente por seis pétalos; sin embargo, en diferentes cultivares pueden hallarse flores con cinco sépalos y cinco pétalos (Figura 2).



Figura 2. Partes de la inflorescencia del tomate (Contreras, 2019).

- **Fruto:** Es una baya carnosa que, en su parte interna, se puede dividir entre 5 a 10 lóculos o cavidades, en especial, en frutos de más tamaño; así mismo, su dimensión puede ser variable de acuerdo al cultivar, desde $\frac{1}{2}$ a 6 pulgadas de diámetro. La superficie de la fruta es lisa y brillante al madurar, con forma globosa; además, el color del fruto en su desarrollo es verde hasta que llega a la etapa de maduración, predominando el rojo (Figura 3), según Tinta (2022).



Figura 3. Diferentes formas del tomate (Cervantes, 2024).

1.4 Hábitos de crecimiento de una planta

Existen dos tipos principales de hábitos de crecimiento de las plantas: el determinado, donde el punto de crecimiento termina en una flor deteniendo el crecimiento de la planta, lo que resulta en plantas erectas o recostadas; e indeterminado, donde el punto de crecimiento

o punta guía continúa creciendo dependiendo del cultivo y manejo, resultando en plantas generalmente rastreras o trepadoras (Herrera, 2024).

1.4.1 Tomates de crecimiento indeterminado

Mascada (2025) menciona que la planta de variedad de tomate indeterminado se caracteriza por su crecimiento continuo y sin límites, son plantas de crecimiento vigoroso que pueden alcanzar grandes alturas si no se despunta. Dependiendo del cultivar y el manejo agronómico, continúa creciendo y produciendo flores y frutos durante toda la temporada, teniendo un sistema de ramificación (Figura 4). El tallo principal y ramas laterales pueden desarrollar un hábito trepador por medio de las guías situadas en sus extremos, en especial cuando disponen de alguna clase de soporte; estas guías corresponden a prolongaciones del tallo que suelen sobresalir de la cobertura del cultivo y comienzan a expresarse luego de que inicia la floración.

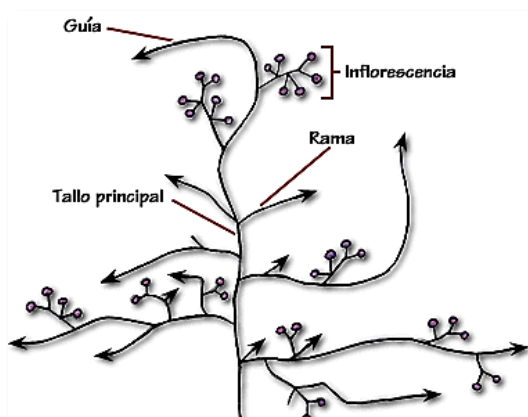


Figura 4. Hábito de crecimiento indeterminado (Mascada, 2025).

1.5 Cultivar híbrido

Franni (2025) indica que los híbridos han revolucionado el mundo de la agronomía, brindando a los agricultores una opción eficaz para maximizar sus producciones. Son el resultado de la combinación o cruce de dos plantas parentales de diferente variedad, especie y género, creando una nueva planta con características específicas de ambos padres.

1.5.1 Tipos de híbridos

Gómez (2024) indica que existen tres tipos de híbridos: los híbridos de primera generación (F1) son la combinación o cruce directo de dos líneas puras, siendo las semillas más comercializadas en el mercado; los de segunda generación (F2) son el resultado de combinar o cruzar dos plantas F1 y presentan muchas variaciones genéticas. Por último, las

interespecíficas son otro tipo de híbrido en el que se combinan o cruzan dos especies diferentes del mismo género; por ejemplo, el cruce de una naranja y una lima.

1.5.2 Beneficios de usar una variedad de tomates híbridos

Ceballos (2018) menciona que el uso de variedades de tomate híbrido tiene una serie de ventajas, entre ellas, se destaca una mejor productividad, ya que, los tomates híbridos producen cosechas más abundantes en comparación con las plantas tradicionales. También, tienen resistencia a enfermedades y plagas, convirtiéndose en una de las ventajas claves que ofrecen las semillas de tomates híbridos. La mayoría de los híbridos han sido diseñados para soportar adversidades como el mildiu o el ataque de insectos, hongos, virus y bacterias; reduciendo así la necesidad de tratamientos químicos, haciendo que cultivar tomate sea algo más sostenible.

1.6 Características del tomate híbrido Sheila N (F1)

Xitumul (2019) menciona que es un híbrido tipo milano con larga vida; así mismo, son consideradas plantas vigorosas, productivas y de alta precocidad, que presentan crecimiento indeterminado, entre nudos cortos, frutos sabrosos y uniformes, así como color rojo intenso. A su vez, poseen una producción promedio de 5.67 kg por planta, frutos con peso promedio de 165 g, diámetro de fruto 5.6 cm en promedio y longitud promedio de fruto 5.6 cm; por su parte, la cosecha empieza a los 90 - 100 días después de sembrar, lo que es ideal para transporte a larga distancia; además, se adapta a altitudes desde el nivel del mar hasta 1800 m.

Andina Seed (2024) menciona que el híbrido Sheila N tiene las siguientes características reflejadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Características del tomate híbrido Sheila N (F1)

Característica	Descripción
Tipo de planta	Crecimiento Indeterminado
Forma del fruto	Fruto con cicatriz peduncular y pistilar pequeña
Color del fruto	Rojo
Peso del fruto	200 – 260 g
Resistencia	Verticillium (Vd raza 1), Fusarium (Fol razas 1 y 2), Virus (ToMV cepa Tm1) y Nemátodos (Mi razas1,2,3 y 4)
Valor agregado	Híbrido apto para invernadero G
Formato	Globoso

1.7 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de tomate

Jaramillo (2022) indica que los requerimientos edafoclimáticos óptimos del cultivo de tomate son los que se reflejan a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de tomate

Requerimientos edafoclimáticos	Rango ideal
Temperatura optima diurna	20° C - 30 °C
Temperatura optima nocturna	15° C - 18°C
Humedad Relativa (HR)	65% - 70%
Luminosidad	8 – 16 horas diarias
Textura del suelo	Franco, franco-arenoso y franco-arcilloso
pH del suelo	5.5 – 6.5
Profundidad útil	40-60 cm

1.8 Requerimientos hídricos del cultivo de tomate

La finalidad del riego es aportar agua de forma oportuna, suficiente, eficiente y uniforme al suelo para suministrar lo que las plantas requieren consumir durante todo el ciclo fenológico. Según Panchana (2021), el método eficiente de riego para el cultivo de tomate es por sistema de goteo con un caudal de 1 LPH, siendo el más apto para suministrar en todo el ciclo fenológico del tomate, regando con una frecuencia de 4 a 5 veces por semana.

1.9 Requerimientos nutricionales del cultivo de tomate

Huett (2021) menciona que el cultivo de tomate la absorción del nitrógeno y potasio comienza de forma gradual las primeras fases del cultivo, pero incrementa según progresa el desarrollo del fruto; en el caso del nitrógeno, su mayor demanda es presentada generalmente luego de la formación de los primeros frutos. El fósforo y nutrientes secundarios, como Ca y Mg, se requiere en dosis constantes durante todo el ciclo de crecimiento de la planta de tomate. De acuerdo con una antigua regla general en el cultivo de tomate, las plantas necesitan un promedio de 300 kg/ha de N, 85 kg/ha de P₂O₅, 480 kg/ha de K₂O, 30 kg/ha de CaO y 18 kg/ha de MgO.

Cuando se trabajan con plantas de tomate con crecimiento indeterminado, se requiriere las siguientes cantidades: 240 kg/ha de N, 98 kg/ha de P₂O₅ y 370 kg/ha de K₂O (Contreras, 2020).

Juárez *et al.* (2024) recomiendan usar las siguientes cantidades 379 kg/ha de N, 120 kg/ha de P₂O₅ y 600 kg/ha de K₂O, para fertilizar el cultivo de un tomate indeterminado sembrado al aire libre.

1.9.1 Plagas de mayor incidencia en el cultivo de tomate

De acuerdo con Pérez *et al.* (2023), las principales plagas que afectan al cultivo de tomate son la oruga o taladro del tomate, mosca blanca, negrita, trips, gusano cogollero o polilla de tomate y araña roja. La principal especie de oruga *Helicoverpa* amiguera (taladro de tomate) provoca caídas de las flores y de los frutos más jóvenes. La polilla del tomate o gusano cogollero es otra de las especies de oruga que afecta al cultivo de tomate, atacando en cualquier fase fenológica del cultivo, lo que crea galerías que provocan sus larvas en los frutos, tallos y hojas; además, en ciertas ocasiones, causan hasta la pérdida total de la cosecha si no se combate a tiempo.

Otra plaga importante es la mosca blanca (*Bemisia tabaci*); este insecto succiona la savia de la planta, excreta melaza y provoca que salga negrilla en los órganos de la planta; a su vez, puede transmitir el virus bronceado del tomate. Por último, los trips (*Frankliniella occidentalis*) son pequeños insectos de 1 a 2 mm de longitud; esta especie daña al cultivo picando y succionando la savia de las hojas; y, puede transmitir el virus bronceado del tomate (Ruiz, 2023).

1.10 Comportamiento agronómico

El comportamiento agronómico de un cultivo se refiere al desarrollo integral de una planta frente a las prácticas de manejo agrícolas aplicadas, las variables de mayor importancia para evaluar el comportamiento agronómicos que se medir son la fenología de la planta, su crecimiento, adaptación al ambiente, rendimiento del cultivo y calidad (Lozano, 2022).

1.11 Rendimiento del cultivo

Quispe (2024) define al rendimiento como la cantidad de producto cosechado por unidad de superficie sembrada, se la expresa en kg por ha y en t por ha, se considera la clave para evaluar la productividad de la tierra y el éxito económico de un cultivo.

1.12 Calidad del fruto

Según Barreiro (2023), la calidad de un fruto es y ha sido una preocupación constante, la calidad es la medida en que los niveles del conjunto de características que ofrece un fruto o producto satisfacen las necesidades expresadas por los consumidores. La calidad de un fruto no solo depende del aspecto homogéneo y de su larga vida comercial, si no que la calidad organoléptica se encarga de medir el sabor (contenido de ácidos y azúcares), la firmeza, el color y el aroma.

1.13 Costo de producción

Quesada (2020) manifiesta que el costo de producción es la suma total de gastos necesarios para crear un producto o proporcionar un servicio, el costo de producción suelen incluir la materia prima, la mano de obra directa e indirecta y otros como alquileres o gastos de administración.

1.14 Producción hortícola

Panchana (2021) indica que son considerados como producción de cultivo intensivo de plantas para el consumo. Una producción hortícola puede ser desde una pequeña huerta hasta cultivos sembrados a gran escala a campo abierto o invernaderos sistematizados. Existen varios tipos de producción hortícola, entre ellos tenemos a la oleicultura que cultivan tomates, lechugas, papas y cebollas. Por otro lado, la fruticultura que son los árboles frutales que producen cítricos, manzanas y bayas; por último, tenemos la floricultura que se encarga de producir flores y plantas ornamentales para jardines.

1.15 Manejo agronómico del cultivo de tomate

En el cultivo de tomate se deben realizar labores agronómicas específicas que ayuden a alcanzar el nivel óptimo de producción.

1.15.1 Siembra en bandeja germinadora

Uno de los métodos más utilizados para conseguir plantas sanas y vigorosas es la siembra en bandejas germinadoras plásticas de confinamiento, lo que permite ahorrar semillas, planificar la siembra, calidad y uniformidad de las plantas. Existe una variedad infinita de recipientes para la producción de plántulas en el mercado, pero en la actualidad las más utilizadas para sembrar tomate son las de propileno de 53 a 128 conos. Para la siembra, es necesario usar un sustrato adecuado que facilite la emergencia de la plántula; por

su parte, la turba es perfecta para germinar semillas de tomate y ayuda a mantener la humedad. El sustrato debe de estar desinfectado para evitar el ataque de plagas y enfermedades; y, en el centro de cada celda se colocan de 1 a 2 semillas por sitio, enterradas a 2 - 3 mm de profundidad (González, 2026).

1.15.2 Marco de plantación

Este marco se define según el porte de la planta, debido a que, la densidad y distribución del cultivo se deje ajustar para promover una mayor captación de radiación solar; entre los arreglos de siembra más usados se hallan distancias de 1.5 m entre hileras y 0.5 m entre plantas; en cultivares de porte medio, tiende a aumentarse la densidad a través del establecimiento de 2 plantas por metro cuadrado, utilizando marcos de 1 m entre hilera por 0.5 m entre planta (Sosa, 2021).

1.15.3 Poda de formación

Según Carrera (2021), la poda de formación es una práctica imprescindible sobre todo si se tiene una planta de crecimiento indeterminado, ya que, estas plantas pueden continuar creciendo de forma ascendente.

El momento correcto para realizar esto, es a los 15 a 25 días después del trasplante o cuando ya aparecen los primeros tallos laterales; se procede a eliminar tallos y hojas senescentes mejorando la aireación del cuello de la planta y facilitando las labores del tutorado. A partir de esto, se establece la cantidad de brazos (tallos) que se conservarán por planta; en este sentido, para el cultivo de tomate, se trabaja con uno o dos tallos. El tomate es una planta rastrera muy ramificada, cuya forma correcta para crecer es verticalmente, por eso no es conveniente dejar más de uno o dos tallos por planta y así facilitar la labor de amarre del tallo al tutor (Ramón, 2021).

1.15.4 Poda de flores y frutos

Bedoya (2021) argumenta que la poda de las flores o aclareo floral consiste en eliminar flores; es decir, pueden salir entre 10 a 20 flores o frutos, siendo necesario dejar de 4 a 6 flores o frutos para obtener frutos grandes; cabe recalcar que, los que presenten alguna plaga o signo de enfermedad deben ser quitados de inmediato, de esta manera, la planta concentrará toda su energía en formar los frutos que quedan, logrando un calibre comercial y parejo.

1.15.5 Poda de chupones

Según Tinta (2022), los chupones son de suma importancia cuando se trabaja con variedades de crecimiento indeterminado para que sus tallos principales logren desarrollar frutos de buen tamaño; los chupones son los tallos pequeños que crecen en el espacio que hay entre un tallo principal y una rama, conocido como “axila”. En la Figura 5, se pueden observar los chupones axilares.



Figura 5. Chupones axilares (Pilay, 2025).

1.15.6 Poda de hojas

Es necesario eliminar las hojas bajas que se encuentran en la base del tallo y las que toquen el suelo, así como hojas amarillas o enfermas, ya que son el principal foco para el desarrollo de plagas y consumen más energía de la que producen. Además, se deben cortar las hojas que evitan que los frutos no reciban luz y permitir así una mejor ventilación (Ponce, 2023).

1.16 Tutorado en las hortalizas

El tutorado o tutoreo es una acción que conlleva a proporcionar soporte a los cultivos de tomate a través de hilos, estacas, mallas o cualquier estructura que las plantas puedan ayudar a crecer adecuadamente. Se puede utilizar una variedad de herramientas y técnicas como se puede observar en la Figura 6, los materiales a usar deben ser lo suficientemente fuertes como para soportar el peso de la planta madura y sus frutos, aguantar vientos, entre otros factores externos (Galindo, 2022).

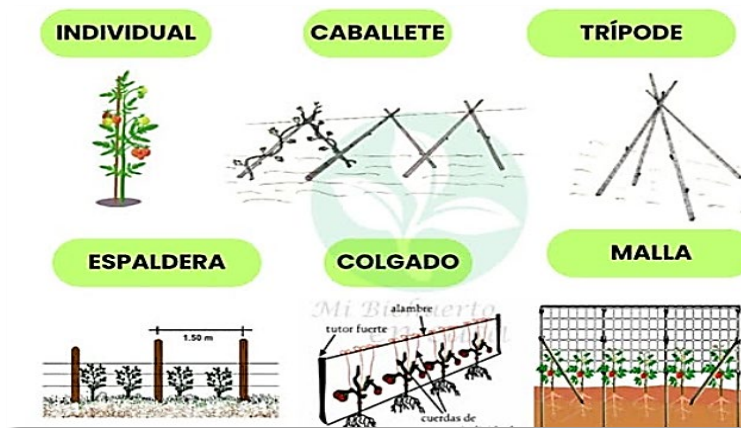


Figura 6. Diferentes tipos de tutorados (Ayala, 2025).

1.17 Rafia agrícola

La rafia agrícola es considerada un hilo, piola o tejido sintético de polipropileno, está diseñado para brindar soporte, guiar y proteger las plantas cultivadas. Es uno de los insumos más utilizados y fundamental tanto en invernaderos como en campo abierto por su durabilidad y su alta resistencia a la tensión (Palomino, 2024).

1.17.1 Método del tutorado del colgado o tutorado tradicional usando rafia agrícola

El tipo de soporte a utilizar es horizontal (Figura 7); esto se logra colocando estacas de madera de 3 m de largo, con una distancia entre hilera considerable (1.5 - 2.5). La sujeción de la planta se realiza con un hilo de propileno o rafia agrícola, el cual se fija por un extremo a la zona basal de la planta y, por el otro, a un alambre situado a una determinada altura (1.8 - 2.4 m); este alambre se conecta en la parte superior de las estacas. Esto se debe realizar cuando la planta presenta de 20 a 30 cm de altura aproximadamente o cuando el tallo se empiece a encorvar por el peso de la planta (Bonilla, 2021).



Figura 7. Ejemplo de tutorado con rafia agrícola

1.18 Hortomalla

La hortomalla también conocida como malla espaldera es una red de polipropileno de alta resistencia, está diseñada para dar soporte vertical y guiar a los cultivos, específicamente a las hortalizas. Se considera que la hortomalla es una de las herramientas tecnológicas más eficientes para mejorar el rendimiento real de un cultivo (López, 2023).

1.18.1 Método de entutorado usando hortomallas

La malla espaldera para tutorar es una innovadora tecnología que ofrece la oportunidad de colocar un soporte a los cultivos de hortalizas sin contar con todos los inconvenientes que existen al tutorar con la ya obsoleta rafia agrícola.

La malla se coloca de forma vertical como se aprecia en la Figura 8. Para la colocación de la hortomallas se necesitan estacas de madera de 2 - 3 m de altura; esto dependerá muchas veces de la variedad que se esté cultivando, con una distancia considerable entre ellas (1.5 - 2.5). Estas estacas servirán como soporte para colocar las mallas; es así que, la malla espaldera debe ser de 2 metros de altura y tener una cuadrícula de 10 x 10 cm, colocándose de forma paralela a las líneas de tomate; se emplean dos líneas de alambre, una en la parte superior y otra en la parte inferior, es decir, la hortomalla se ata a los dos alambres (Ricardo, 2022).



Figura 8. Esquema del tutorado con hortomallas.

1.19 Ventajas agronómicas del tutorado

- **Mayor interceptación de luz y aireación:** las plantas presentan una tendencia natural a crecer hacia arriba en busca de la luz solar, pero existen algunas que necesitan un impulso adicional para mantenerse erguidas. Los tutores proporcionan el soporte necesario para que las plantas crezcan

verticalmente y tengan mayor interceptación de la luz solar, según Romero (2021).

- **Facilita la polinización:** es de suma importancia para plantas que dependen de la polinización para la producción de frutas y semillas. Las plantas al ser tutoradas facilitan el acceso de los polinizadores como la abejas y mariposas a las flores, aumentando significativamente el rendimiento del cultivo (Flórez, 2021).
- **Menor incidencia de enfermedades:** un ambiente húmedo y sin ventilación es un caldo de cultivo para muchas plagas y al plantar en vertical permitimos que el aire se mueva más libremente alrededor de las hojas y evitando que la planta este en contacto directo con el suelo y disminuyendo los frutos dañados (Jiménez, 2021).
- **Mayor eficiencia en cosecha:** las cosechas cuando las plantas se encuentran tutoradas son super fáciles de hacer, se basa en extender la mano y recoger el fruto, gracias a que las plantas se mantienen erguidas de forma vertical (Gutiérrez, 2023).
- **Optimización del espacio:** el uso de tutores es fundamental para optimizar el espacio disponible, en lugar de dejar que la planta se expanda horizontalmente, se aprovecha al máximo el área y se las dirige el crecimiento de las plantas de manera vertical (Ayala, 2025).

1.20 Influencias del tutoreo

- **Rendimiento:** el tutoreo de los cultivos mejora significativamente el rendimiento del cultivo, se la considera una práctica vital para las plantas rastreras, de tallo flexible y trepadoras. De esta manera estaremos brindando beneficios claves en el rendimiento como la optimización de la fotosíntesis, mejorando la ventilación, agilitando los labores de campo y previniendo daños mecánicos (Ormaza, 2024).
- **Calidad del fruto:** el tutoreo aumenta de forma representativa la calidad comercial y orgánica del fruto, al darle el soporte necesario a la planta por medio del tutoreo permite que los frutos se desarrollen en condiciones ambientales optimas (Cabezas, 2019).

- **Incidencia de plagas y enfermedades:** se considera el tutoreo una de las prácticas más efectiva para prevenir plagas y enfermedades, ya que al separar el contacto directo de la planta con el suelo y darle más espacio a la planta, eliminamos directamente las condiciones favorables para que los patógenos se puedan reproducir (Escobar, 2020).
- **Costo de producción:** el tutoreo disminuye significativamente el costo de producción del cultivo a mediano y a largo plazo, requiere una inversión inicial en mano de obra y materiales para su aplicación, pero todo esto se compensa con el aumento de la productividad (Naranjo, 2021).

1.21 Control de plagas y enfermedades de un cultivo

El control de plagas y enfermedades de un cultivo es una de las cosas más importantes para evitar pérdidas desfavorables que afecten a la producción. Existen múltiples formas de controlar plagas y enfermedades, entre ellas tenemos el uso de insumos inorgánicos y orgánicos. Los insumos inorgánicos son plaguicidas derivados de compuestos químicos y fuentes minerales que actúan por contacto físico, asfixia, deshidratación y barreras protectoras (Alarcón, 2021).

1.22 Parámetros para evaluar las características morfológicas del cultivo de tomate

Se determina que, los parámetros más relevantes para la evaluación de las características del cultivo de tomate, son:

1.22.1 Altura de la planta

La evaluación de la altura de una planta es de suma importancia para la agronomía, puesto que ayuda a supervisar el desarrollo, bienestar y tasa de crecimiento de la planta; se considera que, la altura estándar de una planta con variedad de tomate de crecimiento indeterminado posee entre 150 cm y 250 cm; además, uno de los métodos más sencillos para conocer la altura es la medición directa; con ayuda de la cinta métrica se debe tomar la medida de las plantas desde la base del cuello de la planta de tomate hasta el ápice. La altura de la planta de tomate de una variedad indeterminada a los 30 días o en el primer mes después del trasplante presenta 40 a 60 cm de altura; a los 60 días poseen una altura considerable de 65 a 90 cm, mientras que, al tercer mes las plantas alcanzan una altura de 90 a 120 cm, y a los 120 días las plantas tienen una altura de 120 a 200 cm (Rivera, 2022).

1.22.2 Diámetro del tallo

El método más preciso para evaluar el diámetro del tallo de una planta es de forma directa usando un calibrador vernier digital o analógico. Se toma la medición a una altura de 2 a 5 cm por encima del suelo. Los valores estándar del diámetro del tallo son de 10 a 15 mm; en este sentido, se consideran tallos delgados cuando tienen valores menores a 8 mm; mientras que, los tallos excesivamente gruesos son aquellos que tienen diámetros mayores a 18 mm, siendo una alerta de vigor vegetativo causado por el abuso de fertilizantes nitrogenados (Perero, 2026).

1.23 Parámetros para evaluar las características morfo-químicas del tomate

Los parámetros más importantes para evaluar las características del cultivo de tomate son los que se describen a continuación:

1.23.1 Calidad por calibre del fruto

Se clasificará y cuantificará la producción por cada calibre (Extra grande, Primera, Segunda, Tercera, Cuarta) por tratamiento de las plantas escogidas (Rivera, 2024). Los calibres y sus pesos se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Peso de cada calibre de frutos

Calibre	Peso
Extra grande	> 210 g
Grande	176 – 209 g
Mediano	71 - 175 g
Pequeño	50 – 70 g

La clasificación del calibre se efectuó de acuerdo al peso individual del fruto.

1.23.2 Diámetro polar del fruto

El diámetro polar del fruto corresponde a la distancia lineal comprendida entre la base y el ápice del tomate, que se mide en sentido longitudinal; dicho parámetro permite la evaluación del crecimiento vertical del fruto, su forma y uniformidad física, siendo de utilidad para comparar el desarrollo de los frutos entre tratamientos. Quispe *et al.* (2022) revelan que el diámetro polar constituye una característica morfológica relevante para determinar la variabilidad del fruto de tomate, puesto que, puede presentar distinciones de acuerdo al material genético, las condiciones de cultivo y el manejo agronómico aplicado,

por ende, su valoración complementa otros parámetros físicos como la masa del fruto y el diámetro ecuatorial.

1.23.3 Diámetro ecuatorial del fruto

Corresponde a la distancia máxima que se mide en la zona media del tomate, en sentido perpendicular al eje polar; es decir, representa el ancho del fruto en su parte de mayor expansión; dicho parámetro permite valorar el crecimiento transversal, la forma y uniformidad física del fruto, siendo relevante para complementar la clasificación comercial y caracterización morfológica del tomate. Ascencio (2025) indica que el diámetro ecuatorial es una característica importante para detallar la forma del fruto, debido a que, permite detectar si el tomate posee una estructura redondeada, alargada o con variaciones asociadas con el material genético valorado.

1.23.4 Grados brix del fruto

Los grados Brix describen el contenido de sólidos solubles totales que se presentan en el fruto de tomate, principalmente azúcares, por lo cual, constituyen un indicador relevante de la calidad interna del producto. Ramón (2021) sostiene que la determinación de sólidos solubles totales en tomate permite la valoración de características relacionadas con la calidad del fruto y su aptitud para el consumo o procesamiento; en este contexto, la medición de °Brix permite la comparación de la concentración de solutos entre tratamientos y reconocer posibles variaciones vinculadas con el manejo agronómico, el material genético y las condiciones de cultivo.

1.23.5 pH del fruto

El pH del fruto permite la determinación del nivel de acidez del tomate, constituyendo un parámetro químico relevante para valorar su calidad interna, conservación, sabor y aceptación comercial; por su parte, San Martín *et al.* (2022) señalan que el pH junto con los sólidos solubles y otros compuestos vinculados a la calidad química, permite caracterizar las propiedades internas del fruto de tomate y reconocer posibles variaciones asociadas con el manejo nutricional, material genético y condiciones de cultivo. Para su obtención, se utiliza un medidor de pH previamente calibrado con soluciones buffer estándar de pH 4.01 y pH 7.00; luego, se toma una muestra de jugo de tomate y se introduce el electrodo de forma directa en la muestra, agitando suavemente hasta que la lectura se estabilice en la pantalla del potenciómetro digital; en este contexto, la medición del pH

complementa la caracterización morfo-química del fruto junto con los °Brix, la masa y diámetros ecuatorial y polar.

1.24 Rendimiento del cultivo de tomate

Los rendimientos en cultivos es la cantidad de producto obtenido por unidad de superficie; el tomate al aire libre tiene promedios de rendimientos de 60 a 100 t/ha, equivalentes a 60 000 a 100 000 kg/ha. No obstante, la diversidad determinada usualmente no produce más de 30 a 50 t/ha, equivalentes a 30 000 a 50 000 kg/ha, debido a su ciclo de cultivo pequeño (Montero, 2023).

A su vez, los tomates industriales al aire libre de productores especialistas experimentados, habitualmente tienen una producción de 60 a 80 tn/ha, equivalentes a 60 000 a 80 000 kg/ha. Estos son desempeños promedio, y generalmente existen desviaciones amplias en diferentes casos (Mejillón, 2023).

La fórmula más rápida para calcular el rendimiento es la que se expresa a continuación:

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = \frac{\text{peso total cosechado (tn)}}{\text{Área cosechada (ha)}}$$

1.25 Costo de producción de un cultivo

Orona (2022) revela que el costo de la producción agrícola es uno de los indicadores de rendimiento principales de una propiedad rural, pues, representa el valor de los recursos empleados para producir una cantidad específica de productos agrícolas, tales como: frutas, cereales, leche, verduras, carne, entre otros. En este contexto, conocer este indicador es clave para la planeación, control y proceso decisorio de los productores rurales; es decir, posibilita la evaluación de la rentabilidad, sostenibilidad y competitividad del negocio, además de apoyar en la definición de precios, escoger cultivos, asignar recursos y negociar proveedores y compradores; además, los costos involucrados en la producción agrícola pueden ser variables de acuerdo a la clase de cultivo, región, tamaño de la propiedad, sistema de producción y otros factores.

1.25.1 Costos directos e indirectos de una producción agrícola

Según Contreras (2021), los costos tienen múltiples clasificaciones; en este punto, se hará una mención específica en torno a los costos directos e indirectos de una producción agrícola.

Los costos directos son los que se pueden medir y atribuir de forma directa a un producto; son todos gastos que se vinculan de forma directa, inmediata, exclusiva y medible con un cultivo, los cuales varían en proporción directa al tamaño del área sembrada. Según Guerrero *et al.* (2024), entre los principales costos directos agrícolas están:

- Mano de obra directa: Son los salarios de los jornales operativos o mecánicos que se ocupan en labores como la siembra, deshierbe, poda, fertilización y control fitosanitario. También se incluyen los pagos de los trabajadores para la cosecha.
- Labores mecánicas y servicios contratados: En esta sección se especifican todos los gastos realizados para la preparación del terreno, como contratación de máquinas para la nivelación, rastreado, arado y surcado del suelo.
- Insumos agrícolas (materias primas): Son todos aquellos gastos que se realizan para adquirir las semillas, material vegetal, agroquímicos para control de plagas (Insecticidas, herbicidas, fungicidas y bactericidas), fertilizantes y enmiendas que se aplican directamente en el suelo o vía foliar; además, es el agua utilizada durante el riego del cultivo, combustible o energía empleada para el bombeo en parcelas específicas, y por último, el material donde se empaca el producto para ser distribuido al consumidor.

Mejía (2020) plantea que los costos indirectos en la producción agrícola se los considera gastos necesarios para el funcionamiento de la finca que no pueden asignarse de forma directa a un solo cultivo o lote específico. Entre los principales costos indirectos agrícolas están:

- Depreciación y mantenimiento general: Se entiende por depreciación al desgaste legal del sistema de riego, cobertizos, tractores y herramientas.
- Mano de obra indirecta: Son todos los pagos para saldar los salarios del contador, personal administrativo, vigilantes, asesores técnicos y supervisores que se encargan de coordinar las diferentes labores del lugar.
- Arrendamiento e impuestos territoriales: Son los pagos de alquiler de las tierras o los impuestos sobre la propiedad física de la hectárea.
- Servicios públicos de la instalación: Facturas de electricidad para bodegas, agua de uso general, internet de la oficina y combustible para tareas de logística global.
- Insumos indirectos generales: Materiales de empaque, herramientas de limpieza y ropa de protección para trabajadores.

- Costos financieros y legales: Se conforman por los trámites de licencias fitosanitarias, intereses de créditos bancarios generales para inversión agrícola y seguros contra todo riesgo.

1.25.2 Método para calcular el costo de producción de un cultivo

Ledesma (2021) destaca que, un correcto cálculo de costo de producción agrícola se realiza clasificando los costos en directos e indirectos, en el que se deben realizar los siguientes pasos para poder organizarlos de forma correcta y entendible.

1. Una vez clasificados los costos directos e indirectos, se realiza la descripción de lo que se está comprando o pagando.
2. Luego, se procede a colocar la cantidad, unidad, precio unitario y subtotal de cada costo directo e indirecto.
3. Por último, se suman los valores subtotales de cada costo directo e indirecto para hallar el costo total de ambos. Tomando en cuenta la siguiente fórmula, donde:

1.26 Antecedentes de investigación internacionales

Zayaz (2024) reportó una investigación realizada en Argentina, en la que en tres tratamientos utilizaron diferentes tutorados (T1: tutorado con red de polipropileno sin poda, T2: tutorado con hilo con poda y T3: tutorado con hilo sin poda), evaluaron parámetros productivos peso del fruto, cantidad de frutos x planta, Los resultados mostraron influencia del método de tutorado y el manejo de poda sobre las variables analizadas. No existió diferencia significativa en el peso de frutos; en el número de frutos, T1 y T2 fueron superiores a T3. En el rendimiento, peso del fruto promedio, los valores mayores fueron para T1 con un rendimiento de 15 432 kg.

1.27 Prueba T para observaciones independientes

Coello (2021) indica que la prueba de T para muestras independientes permite probar hipótesis de que la diferencia de las medias de dos muestras es igual a 0 (esta hipótesis se denomina, por lo tanto, hipótesis nula). El programa muestra la diferencia entre las dos medias y su intervalo de confianza (IC). A continuación, se presentan el estadístico de prueba t , los grados de libertad (Gl) y la probabilidad bilateral P. Cuando el valor P es inferior al 0.05 convencional, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que las dos medias difieren significativamente.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

Este proyecto de investigación se desarrolló en el Centro de Apoyo Río Verde - Estación Experimental UPSE, ubicado en la comuna Río Verde en el km 118 vía Guayaquil - Santa Elena, Cantón Santa Elena de la Provincia de Santa Elena (Figura 9). Además, se ejecutó entre los meses de septiembre del 2025 a enero del 2026, cuyas características de la zona se detallan en la Tabla 4.

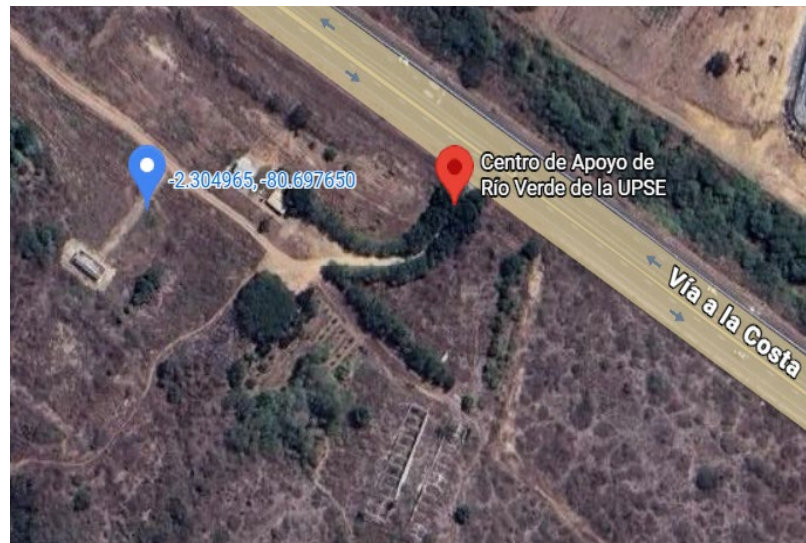


Figura 9. Localización del sitio experimental

Por otro lado, las características climáticas referentes a los promedios históricos mensuales del sitio experimental, considerando el mes previo y periodo en que la investigación fue desarrollada, son las que se describen en la Tabla 4:

Tabla 4. Características climáticas del sitio experimental

Mes	Temperatura media (°C)	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)
Agosto	21.5	21	81
Septiembre	21.5	28	81
Octubre	21.7	23	80
Noviembre	22.2	23	79
Diciembre	23.3	47	80
Enero	24.5	93	80

Datos meteorológicos promedio registrados por el INAMHI durante el periodo experimental (INAMHI, 2026).

2.2 Materiales, equipos y reactivos

2.2.1 Material biológico

Se utilizó semillas de tomate híbrido Sheila N F1 (*Solanum lycopersicum*. L), plantas de crecimiento indeterminado, compactas, de entrenudos cortos y excelente uniformidad de los frutos; buen color, sabor, firmeza y conservación post cosecha; a su vez, resistentes a verticillium (Vd raza 1), fusarium (Fol razas 1 y 2), virus (ToMV cepa Tm1) y Nematodos (razas 1, 2, 3 y 4).

2.2.2 Material de campo para riego, manejo y tutorado

- 33 cañas de 6 m
- 37 metros de lona de 3 x 1 m
- 3 libras de clavos de madera de 2 pulgadas
- 2 libras de alambre galvanizado n°18
- 10 tees de riego de 16 mm
- 10 válvulas de 16 mm
- 102 m cinta de riego
- 20 estacas de 20 cm
- Bandeja germinadora
- 1 rollo de rafia agrícola de 200 m
- 5 mallas espalderas de 2 m de alto y 10 metros de largo
- 100 piezas de etiquetas PVC
- 200 clips de soporte para plantas de PVC
- Cinta métrica
- Tijera podadora
- Laptop
- Calculadora científica
- Cámara
- Libreta
- Esfero

2.2.3 Equipos de laboratorio

- Balanza analítica
- Calibrador Vernier

- Refractómetro
- Medidor de pH MW100

2.2.4 Materiales de laboratorio

- Goteros
- Tubos de ensayo
- Vasos precipitados

2.3 Tipo de investigación

La investigación tuvo un enfoque experimental, debido a que, se manipularon de forma directa los métodos de tutorio aplicados al cultivo de tomate híbrido Sheila N, con el propósito de evaluar su efecto sobre las características morfológicas de la planta y las propiedades morfo-químicas del fruto; a su vez, se cuantificó el rendimiento del cultivo y se compararon los costos de producción de los tratamientos evaluados.

2.4 Diseño de investigación

Para lograr el objetivo de este trabajo, se realizaron dos tipos de tutorio en el cultivo de tomate; se utilizó rafia agrícola para el primer tratamiento y hortomallas para el segundo tratamiento.

2.4.1 Diseño experimental

El presente proyecto fue desarrollado bajo un diseño experimental basado en la comparación de dos tratamientos de tutorio en el cultivo de tomate: rafia agrícola y hortomalla. Cada tratamiento estuvo conformado por cinco repeticiones, con 20 plantas por repetición, para un total de 100 plantas evaluadas por tratamiento. Las condiciones de manejo del cultivo fueron similares para ambos tratamientos, diferenciándose únicamente por el sistema de tutorio utilizado.

La delimitación del área experimental, consideró lo sugerido por (Sosa, 2021), con densidades de plantación en el cultivo de 1- 2 pl/ m².

- Distancia entre hilera: 1.5 m
- Distancia entre planta: 0.5 m
- Distancia entre tratamientos: 3 m
- Área total de la investigación: terreno de 336 m²

- Superficie total de siembra: 150 m² (15 m x 10 m), equivalente a 0.015 ha
- Superficie de siembra por tratamiento: 75 m² (7.5 m x 10 m), equivalente a 0.0075 ha
- Superficie por unidad experimental: 15 m²
- N° de tratamientos: 2
- N° de repeticiones por tratamientos: 5
- N° total de unidades experimentales: 10
- N° de plantas por tratamientos: 100 plantas de tomate híbrido Sheila N (F1)
- N° de plantas por unidad experimental: 20 plantas
- N° de plantas evaluadas por tratamiento: 50 plantas de tomate híbrido Sheila N (F1)
- N° de plantas de bordura por tratamiento: 50 plantas, consideradas como bordura experimental para reducir el efecto de borde
- N° de plantas evaluadas por unidad experimental: 10 plantas, consideradas como submuestras

2.5 Manejo del experimento

2.5.1 Siembra en bandeja germinadora

Se empleó el uso de bandejas germinadoras para sembrar las semillas de tomate Sheila N (F1) y se utilizó como sustrato la turba esterilizada, con la finalidad de obtener plántulas sin ningún problema fitopatógico. En el lapso de 20 - 25 días, las plantas de tomate híbrido Sheila N F1 estuvieron listas para ser trasplantadas de inmediato.

2.5.2 Preparación del terreno

El control de malezas y rastrojos se realizó con ayuda de una moto guadaña y posteriormente, los residuos vegetales se retiraron del área experimental. Con el área ya despejada, se formaron los surcos de las líneas de siembra en el suelo con la finalidad de que las plántulas puedan crecer con normalidad. Fue necesario realizar un cerco de caña alrededor del área para proteger las plantas de animales externos (cerdos, chivos y cabras) que acechaban el lugar experimental.

2.5.3 Instalación del sistema de riego

Se instaló un sistema de riego por goteo con un caudal de 1 L/h por planta, considerado apropiado para el cultivo de tomate; el riego fue aplicado desde el trasplante

hasta la cosecha de los tratamientos evaluados, con una frecuencia de cuatro veces por semana durante una hora al día. Dicha práctica se mantuvo durante cuatro meses seguidos, cubriendo las fases fenológicas principales del cultivo.

2.5.4 Trasplante

Se trasplantaron 20 plantas por hilera, cada tratamiento contaba con 5 hileras, resultando 100 plantas por tratamiento, 200 plantas en total.

2.5.5 Deshierbe

Se realizó la extracción de maleza de forma manual, con la finalidad de evitar la competencia por nutrientes, luz y agua.

2.5.6 Poda de formación de la planta de tomate

La poda de formación se realizó a los 25 días luego del trasplante, con el fin de preparar las plantas para la instalación del tutoreo; durante esta labor, se eliminaron los brotes laterales, dejando uno o dos tallos principales por planta, según el manejo establecido para el cultivo.

2.5.7 Tutorado de los dos tratamientos

El sistema de tutoreo diferente para cada tratamiento, se refleja en la Tabla 5:

Tabla 5. Tipos de tutoreo para los tratamientos

Tratamientos	Denominación del tutoreo	Material usado
T1	Tutoreo con Rafia	Rafia agrícola
T2	Tutoreo con hortomalla	Hortomalla

T1: Tratamiento 1; T2: Tratamiento 2.

a) Instalación del Tutoreo convencional usando rafia agrícola (tratamiento 1)

Se realizó un soporte horizontal, donde la preparación del tutoreo de las plantas se inició 20 días después del trasplante, cuando las plantas ya presentaban 20 a 40 cm de altura, tal como lo sugiere Bonilla (2021). Por otro lado, se utilizó 30 cañas o estacas de madera de 3 m de longitud, las cuales fueron enterradas a 60 cm de profundidad con una distancia de 2 m sobre la hilera de plantas; luego, se extendió un alambre grueso en la parte superior de las cañas, que sirvieron como soporte principal y posteriormente se empleó el uso de la rafia agrícola verde para la sujeción de la planta (guía principal), iniciando desde la parte inferior

del tallo, procurando usar un nudo corredizo que permitió que esto ceda a medida que la planta crecía, evitando el estrangulamiento de la misma; por último, se procedió a enredar con la rafia alrededor de la planta hasta la parte superior para sujetarlo al alambre. En las Figuras 11 y 12, se puede apreciar mejor como debe quedar:



Figura 10. Nudo corredizo con rafia



Figura 11. Esquema de tutorado con rafia agrícola

b) Instalación del tutorado con hortomallas (tratamiento 2)

Se implementó un sistema de soporte vertical mediante malla espaldera; la preparación del tutorado de las plantas se inició 20 días luego del trasplante y la malla se colocó de manera vertical. Para la colocación de la hortomallas, se utilizaron estacas de madera de 2 - 3 metros de altura, con una distancia entre ellas de 2 m; estas estacas sirvieron como soporte para colocar las mallas. La malla espaldera debe ser de 2 metros de altura y tener una cuadrícula de 10 x 10 cm, las cuales se tienen que colocar paralelas a las líneas de tomate con dos líneas de alambre, una en la parte superior y otra en la parte inferior, atando la malla a los dos alambres. Una vez instalado el sistema de tutorado con hortomallas, se realizó la sujeción con los clips de soporte de plástico.

2.5.9 Análisis químicos del suelo

Los resultados del análisis químico del suelo experimental fueron tomados de los análisis realizados al suelo, del proyecto “Elicitores, crecimiento y desarrollo de especies horto- frutícolas en condiciones de estrés biótico y abiótico”, Tabla 6.

Tabla 6. Análisis del suelo del área experimental

Parámetros	Valores
pH del suelo	6.7
Clase textural	Franco arenoso
Materia orgánica	1.20 %, baja
Conductividad eléctrica	0.54 dS/m, no salino
Concentración N (ppm)	8 bajo
Concentración P (ppm)	18 medio
Concentración K (ppm)	297 alto

ppm: partes por millón; N: nitrógeno; P: fósforo; K: potasio.

2.5.10 Plan de fertilización

Se efectuó el plan de fertilización, considerando el análisis anterior basándose en una demanda para el cultivo de tomate indeterminado de 200 kg/ha de N, 80 kg/ha de P, 300 kg/ha de K y una concentración de nutrientes de 8 ppm N, 18 ppm P y 297 ppm K. Con una densidad aparente de 1.25 g/ cm³ y un factor de corrección de 3.75 kg/ha. Se consideró una eficiencia de 85% de N, 50 % P y 90% de K, en un cultivo con una superficie sembrada de 150 m².

Para calcular la dosis del fertilizante, se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis de fertilizante} = \frac{\text{Demanda} - \text{suministro}}{\text{eficiencia}}$$

Donde: suministro = concentración de nutriente obtenido en laboratorio (ppm) x factor de corrección.

$$\text{Dosis ajustada} = \frac{200-30}{0.85} = 200 \text{ kg de N/ha} \quad (\text{A suministrar mediante fertilización})$$

En la Tabla 7 nos indica la dosis usada por cada aplicación en la superficie sembrada.

Tabla 7. Dosis de fertilizante utilizados para compensar el requerimiento nutricional del cultivo de tomate híbrido Sheila N

Macronutrientes	N	P	K
Dosis de fertilizante	200 kg de N /ha	25 kg de P/ha	-903.3 kg de K/ha
	Se aplica	Se aplica	No se aplica
Fertilizante DAP o Fosfato de Amonio Dibásico	18% conc.	46% conc.	---
Dosis DAP / ha	1.42 kg	Dosis para 150 m ² por aplicación	21.3 g (NH ₄) ₂ HPO ₄
Fertilizante nitrato de amonio			
(NH ₄) ₂ SO ₄	21% conc.	----	-----
Dosis (NH ₄) ₂ SO ₄ /ha	905 kg	Dosis para 150 m ² por aplicación	375 g (NH ₄) ₂ SO ₄

2.5.11 Control fitosanitario

El control fitosanitario fue aplicado acorde a la incidencia de insecto-plagas, tomando como referencia lo que sugiere Pérez et al. (2023), sobre el producto y la dosis por hectárea recomendados, acorde al área del experimento. En la Tabla 8, se detallan las dosis exactas utilizadas en el terreno estudiado:

Tabla 8. Control fitosanitario del cultivo de tomate híbrido Sheila N

Producto	Nombre común	Ingrediente activo	Plaga	Dosis x ha	Dosis a aplicar x terreno	Aplicación
Insecticidas	Actara	Thiamethoxam 250 g/kg	Mosca blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>) Negrita (<i>Prodiplosis longifila</i>)	400 g / ha	6 g en 10 litros de agua	Foliar
	Sensei	Imidacloprid 350g/l	Mosca blanca	0.30 l / ha	4.5 ml en 15 litros de agua	
	Movento smart	Thiacloprid Spirotetramat 120 g/l	Negrita	0.60 l / ha	9 ml en 15 litros de agua	
	Kmelot	Acetamiprid Buprofezin 200g / kg	Mosca blanca	0.36 kg / ha	5.4 g en 10 litros de agua	
Bactericida	Vironit 40	Citric acid 28 g / l Ascorbic acid 12 g / l	<i>Erwinia carotovora</i>	1 l / ha	15 ml en 10 litros de agua	
Fungicida	Kocide 2000	Copper hydroxide 538 g/kg	<i>Erwinia carotovora</i>	0.80 kg / ha	12 g en 10 litros de agua	

g: gramos; ml: mililitros; L: litros; kg: kilogramos; ha: hectárea.

2.5.12 Frecuencia de riego

El cálculo para la frecuencia de riego del cultivo se efectuó mediante la metodología de la FAO-56 (Allen *et al.*, 2006), considerando los requerimientos hídricos del cultivo, las condiciones climáticas durante el periodo del cultivo (septiembre a enero) y el suelo del sitio experimental, además de la eficiencia del sistema de riego por goteo de tal modo se buscó asegurar un suministro constante de agua, favoreciendo el crecimiento vegetativo, el llenado de frutos, la floración y el desempeño del cultivo, como se detalla en la Tabla 9.

Tabla 9. Requerimiento hídricos y edafoclimáticos del cultivo de tomate híbrido Sheila N

Parámetro	Valor
Caudal emisor	1,6 L/h
Distancia de goteros	0,20 m
Distancia entre surcos	1,50 m
Densidad plantas	2 plantas/m ²
Suelo	Franco-arenoso
Clima	T (21–24,5 °C); HR (79–81%); ETo aprox. (3,8–4,5 mm/día)
Ciclo cultivo	120–150 días: inicial → vegetativo → floración/llenado → maduración
Eficiencia goteo	85%

Para el diseño hidráulico y la programación del riego, se calculó la pluviometría o intensidad de aplicación del sistema, según la metodología estandarizada por la FAO:

$$PI = \frac{q}{dg \times dl}$$

- PI = Pluviometría (mm/h)
- q = Caudal del emisor (1,6 L/h)
- (dg) = Distancia entre goteros (0,20 m)
- (dl) = Distancia entre líneas de riego (1,50 m)

$$PI = \frac{1,6}{0,20 \times 1,5} = 5,33 \text{ mm/h}$$

Este valor garantiza que la velocidad de aplicación sea inferior a la tasa de infiltración del suelo franco-arenoso (20–30 mm/h), evitando escurrimiento superficial y pérdidas por percolación profunda (Allen *et al.*, 2006; INIA, 2005). El riego fue aplicado desde el trasplante hasta la cosecha de los tratamientos evaluados.

El coeficiente de cultivo (Kc) permite ajustar la evapotranspiración de referencia (ET_o) a la demanda real del cultivo de tomate, considerando la fenología de Allen *et al.* (2006).

Para el híbrido Sheila de crecimiento indeterminado, bajo las condiciones edafoclimáticas de Río Verde y el sistema de riego implementado, se emplearon los valores estandarizados por la metodología FAO-56, ajustados a suelos franco-arenosos y condiciones de costa ecuatoriana, tal como se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10. Coeficiente de cultivo y demanda neta de evapotranspiración del cultivo durante sus etapas de desarrollo

Etapas	Duración aprox.	Kc FAO-56	Demanda neta ET _c = ET _o × Kc
Inicial (trasplante–30 ddt)	30 días	0,4–0,5	1,5–2,2 mm/día
Desarrollo (30–70 ddt)	40 días	0,7–0,8	2,7–3,6 mm/día
Media (floración–llenado)	50 días	1,05–1,15	4,0–5,2 mm/día
Final (maduración–cosecha)	25 días	0,6–0,7	2,3–3,1 mm/día

Estos valores permitieron calcular la lámina de riego diaria y ajustar el tiempo de riego según los requerimientos en cada una de las fases, evitando déficits que afecten el rendimiento o excesos que favorezcan enfermedades radiculares, según INIA (2018).

En suelos franco-arenosos, por su baja retención de humedad, se recomienda riegos cortos y frecuentes (diarios o dos veces al día), para llevar a cabo los cálculos del tiempo de riego se utilizaron las fórmulas de lámina bruta y tiempo de riego:

$$\text{Lámina bruta} = ETc \div \text{Eficiencia (0,85)}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{Lb}{PI}$$

En la Tabla 11 se detalla el tiempo por riego y frecuencia recomendada por etapa de desarrollo del cultivo.

Tabla 11. Tiempo y frecuencia de riego por etapa de desarrollo del cultivo de tomate híbrido Sheila N

Etapa	ETc neto (mm/día)	Lámina bruta (mm/día)	Tiempo por riego	Frecuencia recomendada
Inicial	1,8	2,1	24 min	2 veces al día (mañana/tarde)
Desarrollo	3,2	3,8	43 min	1–2 veces al día
Floración/llenado	4,8	5,6	63 min	2 veces al día
Maduración	2,7	3,2	36 min	1 vez al día

2.6 Parámetros evaluados

2.6.1 Variables morfológicas de la planta y morfo-químicas del fruto

2.6.1.1 Altura de la planta (AP)

A 10 plantas tomadas aleatoriamente, se le realizaron las variables morfológicas. Mediante el uso de la cinta métrica, se obtuvo la altura de la planta a los 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante. Se efectuó la medición de la longitud desde la base del tallo hasta el ápice o punto de crecimiento, el cual fue expresado en cm.

2.6.1.2 Diámetro del tallo (DT)

Con ayuda del calibrador digital, se obtuvo el diámetro del tallo a los 30, 60, 90 y 120 días en mm.

2.6.1.3 Diámetro polar del fruto (DPF)

Consistió en tomar al azar una muestra de fruto por cada planta evaluada, los cuales fueron llevados al laboratorio, en cada cosecha del cultivo. Se procedió a medir la distancia en línea recta desde la base del fruto hasta el ápice, colocando las mordazas del calibrador en ambos extremos.

2.6.1.4 *Diámetro ecuatorial del fruto (DEF)*

A los frutos que se les tomó el diámetro del fruto polar, se procedió a medir la distancia máxima perpendicular al eje polar, es decir, la parte más ancha del fruto, colocando las mordazas del calibrador justo en la mitad del fruto (el “ecuador”). Para medir frutos irregulares, se tomó dos medidas en forma de cruz en la zona media y se obtuvo el promedio.

2.6.1.5 *Masa del fruto (MF)*

Mediante el uso de una balanza analítica, se obtuvo la masa del fruto en gramos, colocando el fruto en el centro del plato, hasta que el indicador digital se estabilice y registre el valor en gramos.

2.6.1.6 *Grados brix del fruto (°BrixF)*

Con ayuda del refractómetro, se obtuvo los grados brix de los frutos, empleando un fruto por cada planta evaluada, seleccionando al azar durante la cosecha, obteniéndose 10 frutos por unidad experimental; a su vez, para realizar la medición correctamente se debe limpiar el equipo y calibrar a cero; esto se logra colocando tres gotas de agua destilada en el prisma y presionando “Read”, donde debe marcar exactamente 0 °Brix. Caso contrario, ajustar el tornillo de calibración.

Para obtener la muestra, se cortó el fruto y se extrajo unas gotas de jugo con ayuda de un gotero; fue de suma importancia que el jugo esté libre de semillas, pulpa o burbujas de aire para evitar que estos elementos desvíen la luz y alteren la lectura. Una vez lista la muestra, se colocaron 2 a 3 gotas de jugo sobre el prisma y se presionó el botón de lectura, dando el valor directo en la pantalla.

2.6.1.7 *pH del fruto (pHF)*

Se calibró el Medidor de pH Milwaukee 102, utilizando las soluciones buffer estándar de pH 4.01 y pH 7.00, enjuagando el sensor de vidrio con agua destilada y secando con un paño.

La muestra del jugo se obtuvo a partir de un fruto por cada planta evaluada, escogiendo al azar durante la cosecha, manteniendo el mismo criterio de muestreo utilizado para las demás variables morfo-químicas.

Para obtener el pH de los frutos, se colocó una muestra de 15 cm³ o ml de jugo de tomate en un tubo de ensayo y se introdujo el electrodo directamente en el mismo, agitando suavemente hasta que la lectura en la pantalla se estabilice (tarda unos segundos) para registrarse el resultado en el potenciómetro digital.

2.6.2 Rendimiento del cultivo

Para cuantificar el rendimiento del cultivo en función de los dos métodos de tutorio evaluados, se pesaron los frutos cosechados en cada unidad experimental durante las ocho cosechas efectuadas hasta el quinto racimo; luego, se obtuvo la producción acumulada de cada unidad experimental y, con base en estos valores, se calculó el rendimiento total por tratamiento, que se expresó en tn/ha.

La fórmula más rápida para calcular el rendimiento, es la que se describe a continuación:

$$\text{Rendimiento (tn/ha)} = \frac{\text{Peso total cosechado (tn)}}{\text{Área cosechada (ha)}}$$

2.6.3 Costo de producción del cultivo

Debido a que el objetivo del estudio fue comparar los métodos de tutorio, el análisis económico consideró solamente los costos diferenciales entre tratamientos, es decir, los gastos vinculados directamente con la implementación del tutorio con rafia agrícola y hortomalla; por ello, no se incorporaron costos generales o comunes de ambos tratamientos, como riego, preparación del terreno, fertilización o control fitosanitario.

Para calcular el costo de producción de los dos tratamientos, se usó una tabla para poder colocar los costos directos como mano de obra, insumos (semillas, fertilizantes, fungicidas, insecticidas) y otros productos como materiales de instalación de riego y de tutorio, agua, combustible para el riego, entre otros.

En la presente investigación, los costos indirectos como las máquinas y herramientas que se utilizaron, como el terreno y administración del proyecto, no fueron tomados en cuenta, ya que son servicios prestados del Centro de Apoyo Río Verde como ayuda para la investigación.

2.7 Análisis estadístico de los resultados

Las variables evaluadas fueron comparadas entre los dos tratamientos mediante una prueba *t* de Student para muestras independientes, con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, con el propósito de determinar la existencia de diferencias estadísticas entre los sistemas de tutorio, utilizando el software estadístico InfoStat (Di Rienzo, 2008)

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Efectos en los parámetros morfológicos de planta y propiedades morfo-químicas del fruto

Las características morfológicas evaluadas en las plantas de tomate híbrido (Sheila N) fueron altura de planta y el diámetro del tallo, registradas a los 30, 60, 90 y 120 días luego del trasplante; a su vez, se analizaron las propiedades morfo – químicas del fruto, tomando en cuenta la masa, el diámetro ecuatorial, diámetro polar y sólidos solubles totales expresados en °Brix y pH. Dichas variables permitieron comparar el comportamiento agronómico del cultivo bajo los dos métodos de tutorio: rafia agrícola y hortomalla.

3.1.1 Altura de la planta

La Tabla 12 evidencia los resultados que corresponden a la altura de las plantas a los 30, 60, 90 y 120 días luego del trasplante, en la que se observa que, acorde a la prueba de t de Student, el método de tutorio no influyó significativamente, en la altura de las plantas de tomate durante las evaluaciones realizadas.

Tabla 12. Prueba T de student, para altura de la planta a los 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante

Días	Media Tutor R.A	Media Tutor H.M	Diferencia de medias	Desviación estándar de la diferencia	t	Bilateral
30	52.4	52.91	-0.52	10.96	-0.33	0.7406
60	61.94	64.18	-2.24	15.58	-1.02	0.3143
90	106.38	106.22	0.16	20.37	0.06	0.9556
120	143.46	138.19	5.27	20.11	1.85	0.0698

RA: Rafia agrícola; HM: Hortomalla.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos referenciales destacados por Benítez (2021), quien señala que las plantas de tomate de crecimiento indeterminado pueden alcanzar entre 40 y 60 cm a los 30 días, de 65 a 90 cm a los 60 días, de 90 a 120 cm a los 90 días y de 120 a 200 cm a los 120 días luego del trasplante; en este contexto, las alturas que se registran en la presente investigación evidencian un desarrollo vegetativo aceptable para el híbrido evaluado; así mismo, la carencia de diferencias significativas permite indicar que el método de tutorio no influyó de forma marcada sobre la altura de las plantas, por ende, la rafia agrícola y la hortomalla brindaron condiciones parecidas para el crecimiento vertical del cultivo.

3.1.2 Diámetro del tallo

Respecto al diámetro del tallo, los resultados son presentados en la Tabla 13, el análisis de la prueba *t* demostró diferencias significativas entre los tratamientos a los 30, 60, 90 y 120 días; dichos resultados señalan que, bajo condiciones de la investigación, el sistema de tutorio con hortomalla contribuyó con un mayor grosor del tallo frente a la rafia agrícola estudiada.

Tabla 13. Prueba T para diámetro del tallo a los 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante

Días	Media Tutor R.A	Media Tutor H.M	Diferencia de medias	Desviación estándar de la diferencia	t	Bilateral
30	6.85	8.13	-1.29	2.03	-4.49	<0.0001
60	10.13	11.89	-1.77	2.62	-4.76	<0.0001
90	12.6	14.34	-1.74	2.97	-4.14	0.0001
120	21.6	22.94	-1.34	3.57	-2.65	0.0108

RA: Rafia agrícola; HM: Hortomalla. Valores de $p \leq 0.05$ señalan diferencias significativas

A los 30 días, el tratamiento con rafia agrícola registró una media de 6.85 mm, mientras que el tratamiento con hortomalla tuvo 8.13 mm; dicha tendencia se mantuvo a los 60 días y 90 días; y, los 120 días, con 21.60 mm en rafia agrícola y 22.94 mm en hortomalla.

Los hallazgos se asocian con lo mencionado por Biruk (2023), quien demostró que la combinación entre poda de tallos y tutorio adecuado incide en el crecimiento y desarrollo productivo del tomate, puesto que, mejora la conducción de la planta y contribuye a las variables como el número de frutos, longitud, peso individual y diámetro del fruto; por tanto, el mayor diámetro registrado en las plantas conducidas con hortomalla se puede atribuir a que este sistema brindó un soporte uniforme durante el desarrollo del cultivo, lo que favoreció la estabilidad de la planta y el crecimiento del tallo.

3.1.3 Características morfo-químicas del fruto

Referente a las características morfo – químicas del fruto, la Tabla 14 presenta los resultados obtenidos para masa, diámetro ecuatorial, diámetro polar, °Brix y pH; estas variables permiten explorar no solo el tamaño y peso del fruto, sino también aspectos asociados con su calidad interno.

Tabla 14. Prueba t para características morfo-químicas del fruto

Variable	Media Tutor R.A	Media Tutor H.M	Diferencia de medias	Desviación estándar de la diferencia	T	Bilateral
Masa	164.67	140.31	24.37	80.79	2.13	0.0380
Diámetro Ecuatorial	67.59	63.76	3.84	18.78	1.45	0.1548
Diámetro Polar	53.14	54.94	-1.79	17.13	-0.74	0.4625
°Brix	5.35	5.22	0.13	1.21	0.76	0.4532
pH	4.57	4.52	0.05	0.33	1.16	0.2526

Valores de $p \leq 0.05$ señalan diferencias significativas.

El análisis de la prueba t mostró diferencias significativas solo en la variable de masa del fruto; esto revela que el método de tutorío incidió en el peso del fruto, por lo cual, esta variable constituye un parámetro relevante dentro del comportamiento agronómico del cultivo; en cambio, el diámetro ecuatorial, diámetro polar, °Brix y pH no presentaron distinciones notables, debido a que sus valores bilaterales fueron superiores a 0.05.

Dichos hallazgos permiten revelar que los métodos de tutorío valorados no cambiaron de modo significativo la forma del fruto ni sus características químicas principales, como acidez y sólidos solubles; no obstante, la diferencia evidenciada en la masa del fruto demuestra que el tratamiento con rafia agrícola tuvo un mayor peso individual, con una media de 164.67 g, frente a 140.31 g obtenidos con hortomalla, siendo un aspecto que puede incidir de manera directa en el rendimiento comercial del cultivo.

Estos resultados se relacionan con lo declarado por Dipple *et al.* (2022), quienes demostraron que los sistemas de conducción y el espaciamiento pueden impactar en los atributos productivos del tomate; no obstante, diversas variables de calidad, como los sólidos solubles, se pueden mantener dentro de rangos semejantes cuando las condiciones de manejo son apropiadas; en contraste, otros autores Gong *et al.* (2022) revelan que la calidad del fruto de tomate, incluyendo características como firmeza, pH y otros componentes físico – químicos, puede estar más condicionada por aspectos ambientales, genéticos y de manejo que por un solo factor agronómico.

En este contexto, la falta de diferencias significativas en diámetro ecuatorial, diámetro polar, °Brix y pH sugiere que ambos métodos de tutorío conservaron características similares de calidad física y química del fruto, mientras que la diferencia observada en la masa demuestra una respuesta más sensible del peso individual frente al sistema de conducción empleado.

3.2 Resultados del rendimiento del cultivo de tomate por hectárea

El rendimiento del cultivo de tomate se evaluó en función del peso total de los frutos cosechados en cada tratamiento, donde la cosecha fue realizada hasta el quinto racimo, con un total de ocho cosechas durante el ciclo productivo; los hallazgos obtenidos permitieron comparar la producción alcanzada por las plantas conducidas con rafia agrícola y hortomalla.

En la Tabla 15 se presentan los resultados correspondientes al tratamiento con rafia agrícola y hortomalla; en la rafia agrícola, dicho tratamiento registró un peso total de cosecha de 252.69 kg, con un desempeño estimado de 33 692 kg/ha. Por otro lado, las mayores producciones se observaron en la cuarta y quinta cosecha, con 56.92 kg y 67.44 kg, respectivamente, indicando que el mayor aporte productivo se concentró en la fase intermedia del periodo de cosecha.

Así mismo, con respecto a los resultados del tratamiento con hortomalla; en este caso, se obtuvo un peso total de cosecha de 198.34 kg, que equivale a un rendimiento estimado de 26 446.13 kg/ha; al igual que en el tratamiento con rafia agrícola, las mayores producciones se registraron en la cuarta y quinta cosecha, con 39.90 kg y 56.52 kg, de manera respectiva.

Tabla 15. Rendimiento del cultivo de tomate Sheila N

Rendimiento del cultivo de tomate (Sheila N)		
Nº cosecha	Peso de la cosecha Tutorado R.A (kg)	Peso de la cosecha Tutorado H.M (kg)
1	2.66	2.27
2	25.66	20.14
3	33.94	28.83
4	56.92	39.91
5	67.44	56.52
6	31.88	27.64
7	24.7	15.96
8	9.49	7.08
Peso total de la cosecha	252.69 kg	198.35 kg
Rendimiento tn/ha	33. 69 tn/ha	26. 45 tn/ha

RA: rafia agrícola; HM: hortomalla.

Al realizar la comparativa de los dos tratamientos, se demostró que el tutorado con rafia agrícola contó con un mayor rendimiento frente al de hortomalla; la diferencia entre ambos fue de 54.344 kg en el peso total de cosecha y de 7 245.87 kg/ha en el rendimiento estimado; de tal forma, estos hallazgos indican que, bajo condiciones de este trabajo, el método del

tutorado con rafia agrícola favoreció a una producción mayor de frutos en comparación a la hortomalla.

Así mismo, el comportamiento productivo observado se puede asociar con la forma de conducción de las plantas y la estabilidad del sistema de soporte durante el ciclo del cultivo; Wubetie *et al.* (2025) sostienen que las técnicas de tutoreo influyen en el crecimiento y rendimiento del tomate, debido a que favorecen una mejor disposición de la planta, disminuyen el contacto de los frutos con el suelo y facilitan el manejo del cultivo; en este sentido, los dos sistemas permitieron el desarrollo productivo del cultivo; sin embargo, la rafia agrícola mostró una respuesta superior en términos de desempeño.

La mayor producción alcanzada con rafia agrícola también se puede vincular con la manera en que este sistema sostiene de forma individual a cada planta; Waheed *et al.* (2022) evidenciaron que los métodos de tutoreo y los niveles de poda inciden en el crecimiento y rendimiento del tomate, señalando que el tutoreo con cuerda contribuyó a la producción de frutos comerciales y el desempeño total del cultivo; en este contexto, la conducción individual a través de rafia agrícola pudo favorecer una mejor distribución de la planta y de los racimos productivos, favoreciendo al incremento del peso total de la cosecha.

De la misma forma, el rendimiento no depende solo del sistema de tutoreo, sino también del manejo agronómico aplicado durante el ciclo de cultivo; en este sentido, Reeves *et al.* (2023) evaluaron plantas de tomate de campo podadas y no podadas, tomando en cuenta rendimiento, tamaño del fruto, costos variables y retorno financiero, demostrando que las decisiones de manejo inciden de forma directa en la productividad y rentabilidad del cultivo; por ello, la respuesta productiva obtenida en el tratamiento con rafia agrícola pudo influenciarse por la interacción entre el método de conducción, la sujeción del tallo, las condiciones de campo abierto y la poda.

En función de los rendimientos obtenidos en las cinco repeticiones de cada tratamiento, se ejecutó la prueba t, cuyos resultados son presentados en la Tabla 16:

Tabla 16. Prueba t para el rendimiento del cultivo de tomate

Prueba t independiente para el Rendimiento (kg/ha)					
Media Tutor R.A	Media Tutor H.M	Diferencia de medias	Desviación estándar de la diferencia	t	Bilateral
6738.4	5289.22	1449.18	712.41	4.55	0.0104

La prueba t demostró diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de tutoreo, puesto que, el valor de p fue de 0.0104, inferior a 0.05; además, el tratamiento con rafia agrícola presentó una media de rendimiento de 6 738.40 kg/ha o 67.38 tn/ ha, superior a los 5 289.22 kg/ha o 52.89 tn/ha obtenidos con hortomalla, por ende, la rafia agrícola mostró un mejor desempeño productivo bajo las condiciones en que fue desarrollado el experimento.

3.3 Resultados del costo de producción del cultivo

Para la comparación económica se consideraron solamente los costos diferenciales entre los métodos de tutoreo, puesto que, los demás costos de manejo agronómico fueron comunes para los dos tratamientos.

En cuanto al costo de producción del cultivo de tomates, se estableció el mismo a partir del registro de los costos directos generados en cada tratamiento evaluado; para esto, se tomaron en cuenta materiales, insumos, mano de obra y demás recursos utilizados durante el establecimiento, control y cosecha del cultivo. Dicho análisis permitió la comparativa económica del sistema de tutoreo con rafia agrícola y el sistema con hortomalla.

En la Tabla 17, se describen los costos de producción que corresponden al tratamiento con rafia agrícola, siendo un sistema que presenta un costo total de \$303.42, tomando en cuenta los gastos asociados con semillas, sustrato, preparación del terreno, instalación del sistema de riego, recursos para el tutoreo, pesticidas, combustible, entre otros insumos usados durante el ciclo de cultivo.

Tabla 17. Costo de producción del tratamiento 1 (TRA)

Descripción	Cantidad	Unidad	Prec.Unit	Sub total
Semilla tomate híbrido Sheila N	1	Paquete	50.00	50.00
Turba (sustrato)	2	Kg	2.62	5.25
Preparación del terreno:				
Limpieza del rastrojo	1	Jornal	5.00	5.00
Arado del terreno	1	Jornal	5.00	5.00
Instalación del sistema de riego	1	Jornal	5.00	5.00
Cinta de riego	60	Metros	0.20	12.00
Tee de 16 mm	5	Piezas	0.17	0.85
Válvula conector 16 mm	5	Piezas	0.65	3.25
Alambre galvanizado n°18	1	Libras	1.40	1.40
Instalación del cercado	1	Jornal	10.00	10.00
Plástico negro de 3x1m	18	Metros	1.69	30.42
Cañas de 6 m de largo	8	Piezas	3.00	24.00

Descripción	Cantidad	Unidad	Prec.Unit	Sub total
Clavos de madera 2 pulg	1.5	Libras	0.80	1.20
Instalación del tutorado	1	Jornal	10.00	10.00
Rollo de rafia agrícola 200m	1	Rollo	8.50	8.50
Alambre galvanizado calibre #8 de 9.16m	5	Kg	1.80	9.00
Cañas de 6 m de largo	10	Piezas	3.00	30.00
Etiquetas blancas	50	Piezas	0.04	2.00
Pesticidas:				
Actara	1	Paquete	15.50	15.50
Vironit 40	1	Frasco	12.50	12.50
Sensei	1	Frasco	6.00	6.00
Movento Smart	1	Frasco	6.65	6.65
Kocide 2000	1	Paquete	4.10	4.10
Kmelot	1	Paquete	5.50	5.50
Otros:				
Combustible diesel	13	Galones	3.10	40.30
Costo total				\$303.42

T: tutor; RA: rafia agrícola.

Mientras que, en la Tabla 18 son presentados los costos de producción del tratamiento con hortomalla; dicho sistema registró un costo total de \$357.52, valor superior al obtenido en el tratamiento con rafia agrícola. La diferencia se asocia de forma principal con el costo de los recursos empleados para la instalación del sistema de tutorado, puesto que, la hortomalla necesita una mayor inversión inicial frente a la rafia agrícola.

Tabla 18. Costo de producción del tratamiento 2 (THM)

Descripción	Cantidad	Unidad	Prec. Unit	Sub total
Semilla tomate híbrido Sheila N	1	paquete	50.00	50.00
Turba (sustrato)	2	kilo	2.62	5.25
Preparación del terreno:				
Limpieza del rastrojo	1	jornal	5.00	5.00
Arado del terreno	1	Jornal	5.00	5.00
Instalación del sistema de riego	1	Jornal	5.00	5.00
Cinta de riego	60	metros	0.20	12.00
Tee de 16 mm	5	piezas	0.17	0.85
Válvula conector 16 mm	5	piezas	0.65	3.25
Alambre galvanizado n°18	1	libras	1.40	1.40
Instalación del cercado	1	jornal	10.00	10.00
Plástico negro de 3x1m	18	metros	1.69	30.42
Cañas de 6 m de largo	8	piezas	3.00	24.00
Clavos de madera 2 pulg.	1.5	libras	0.80	1.20
Instalación del tutorado	1	jornal	10.00	10.00

Descripción	Cantidad	Unidad	Prec. Unit	Sub total
Hortomallas 2 x 10 metros	5	pieza	10.00	50.00
Alambre galvanizado grueso	10	kg	1.80	18.00
Cañas de 6 m de largo	10	piezas	3.00	30.00
Etiquetas blancas	50	piezas	0.04	2.00
Clip de sujeción	200	piezas	0.02	4.00
Pesticidas:				
Actara	1	paquete	15.50	15.50
Vironit 40	1	frasco	12.50	12.50
Sensei	1	frasco	6.00	6.00
Movento Smart	1	frasco	6.65	6.65
Kocide 2000	1	paquete	4.10	4.10
Kmelot	1	paquete	5.50	5.50
Otros:				
Combustible diesel	13	galones	3.10	40.30
Costo total				\$357.52

T: tutor; HM: hortomalla

Al realizar la comparativa de los dos tratamientos, se demostró que el sistema de tutorio con rafia agrícola fue más económico, con una diferencia de \$54.10 frente al tratamiento con hortomalla; así mismo, al relacionar el costo total con la producción obtenida, se pudo determinar que producir 1 kg de tomate con rafia agrícola tuvo un costo aproximado de \$1.20/kg, mientras que con hortomalla el costo fue de \$1.80/kg; un resultado que señala que, bajo las condiciones del presente trabajo, la rafia agrícola representó una opción de menor costo para el establecimiento y manejo del cultivo de tomate.

A pesar de que los costos unitarios obtenidos en esta investigación fueron superiores al precio promedio referencial del tomate, tal como se reporta en otros trabajos, esta diferencia se puede explicar por las condiciones propias del ensayo experimental; de tal modo, Ceballos (2024) indican que el precio promedio del tomate durante el periodo 2014 - 2024 fue aproximadamente de \$0.48 kg; no obstante, dicho valor corresponde a un precio referencial del mercado, mientras que en este estudio se calculó el costo de producción por kg, tomando en cuenta mano de obra, insumos, materiales de riego, tutorio y manejo del cultivo. Debido a esto, el mayor costo unitario registrado no revela baja viabilidad del cultivo, necesariamente, sino que responde a una producción en escala reducida donde los costos de instalación son distribuidos sobre una menor cantidad de kilogramos cosechados.

Igualmente, estos hallazgos se enlazan con lo indicado por Michalis *et al.* (2023), quienes plantean que el análisis económico en sistemas de producción de tomate permite la

valoración de la viabilidad de una opción productiva en función de la relación entre ingresos, costos operativos e inversión necesaria; de tal forma, conocer el costo de cada método de tutorio permite determinar no solo su factibilidad técnica, sino también su conveniencia económica para el productor.

A su vez, Sharma *et al.* (2023) mencionan que el análisis de costos y beneficios en la cadena productiva del tomate permite el reconocimiento de diferencias económicas entre los actores y fases del proceso productivo, en especial, al comparar costos de manejo, retorno obtenido y comercialización; en función de esta perspectiva, la organización de los costos por cantidad, descripción, unidad, precio unitario y subtotal permitió estructurar claramente la inversión requerida para cada método de tutorio y comparar la diferencia de costos de implementación entre la rafia agrícola frente a la hortomalla.

Al vincular los costos con el desempeño que se obtuvo, se pudo evidenciar que el tratamiento con rafia agrícola presentó un menor costo de producción, sino además mayor rendimiento por hectárea frente a la hortomalla; por ello, desde la comparación de costos y desempeño obtenido, la rafia agrícola presentó un menor costo unitario y mayor rendimiento bajo las condiciones evaluadas; sin embargo, el tutorio con hortomalla podría tener ventajas prácticas enlazadas con durabilidad, reutilización o facilidad de manejo, siendo elementos que deberían explorarse en trabajos posteriores a través de una valoración financiera de más de un ciclo productivo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Los sistemas de tutorio evaluados no modificaron sustancialmente la expresión de la mayoría de las características morfológicas y morfoquímicas del híbrido de tomate Sheila N, lo que sugiere que estos atributos dependen principalmente del potencial genético del cultivo y de las condiciones generales de manejo. Sin embargo, la hortomalla favoreció el desarrollo de tallos más robustos, mientras que la rafia agrícola promovió una mayor masa individual del fruto, evidenciando que el sistema de conducción puede influir selectivamente sobre determinados componentes del crecimiento y la producción.
- La respuesta productiva del híbrido Sheila N estuvo influenciada por el método de tutorio empleado, demostrando que la eficiencia de un sistema de conducción debe valorarse no solo por su capacidad de sostén, sino también por su contribución a la productividad del cultivo. Bajo las condiciones de Río Verde, la rafia agrícola permitió una mejor expresión del potencial productivo del tomate, constituyéndose en una alternativa técnicamente más eficiente para maximizar el rendimiento comercial.
- La rentabilidad potencial del sistema productivo estuvo estrechamente relacionada con la inversión requerida para la implementación del método de tutorio. En este contexto, la rafia agrícola presentó una mayor eficiencia económica al requerir una menor inversión y generar una relación más favorable entre costo y producción obtenida, constituyéndose en una opción más accesible para los productores de tomate en condiciones similares a las evaluadas.
- Los resultados obtenidos permitieron rechazar la hipótesis planteada, evidenciando que la incorporación de tecnologías de mayor costo, como la hortomalla, no garantiza necesariamente mejoras en el desempeño agronómico, productivo o económico del cultivo. En consecuencia, la selección de sistemas de tutorio debe sustentarse en evaluaciones integrales que consideren simultáneamente el crecimiento de las plantas, el rendimiento alcanzado y la viabilidad económica de su implementación en las condiciones locales de producción.

Recomendaciones

- Evaluar la interacción entre métodos de tutorio y diferentes materiales genéticos de tomate para identificar combinaciones que permitan optimizar simultáneamente el crecimiento vegetativo, la calidad del fruto y la productividad del cultivo.
- Implementar el sistema de tutorio con rafia agrícola en condiciones similares a las evaluadas en Río Verde, debido a que presentó el mejor comportamiento productivo bajo las condiciones de este estudio.
- Incorporar análisis económicos integrales que incluyan indicadores de rentabilidad, relación beneficio-costos y retorno de inversión, con el propósito de fortalecer la toma de decisiones en sistemas comerciales de producción de tomate.
- Desarrollar estudios de largo plazo que comparen la vida útil, reutilización y costos acumulados de la rafia agrícola y la hortomalla, para determinar su verdadera conveniencia técnica y económica en más de un ciclo productivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcón, F (2021) «Inorganic Pesticide - an overview | ScienceDirect Topics». Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/inorganic-pesticide> (Accedido: 1 de junio de 2026).

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos*. Estudio FAO Riego y Drenaje N° 56. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia <https://www.fao.org/4/x0490s/x0490s00.htm>

Andina Seed (2024) «Sheila n (F1)». Disponible en: <https://andinaseed.com/andina25/producto/sheila-n/>.

Ascencio, L. (2025) «Evaluación del comportamiento germinativo y adaptativo del tomate *Solanum lycopersicum* al estrés salino con inoculación de hongos micorrízicos arbusculares». Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/14203>

Ayala, K. (2025) «“Producción de pepino (*cucumis sativus*.) con dos sistemas de tutorado”». Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6937>.

Barreiro, O. (2023) «Propiedades mecánicas y calidad de frutos. Definiciones y medidas instrumentales», *Fruticultura profesional*, (77), pp. 48-51.

Bayer Ecuador (2026) *Cultivo de Tomate | Agro Bayer Ecuador*. Disponible en: <https://www.agro.bayer.ec/es-ec/cultivos/tomate.html>.

Bedoya, C. (2021) «Claves para la poda y tutorado de tomate de invernadero – AgTech América». Disponible en: <https://agtechamerica.com/claves-para-la-poda-y-tutorado-de-tomate-de-invernadero/>.

Biruk, M. (2023) «Effect of stem pruning and staking time on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. var. Mersa) at Mersa, North Wollo, Ethiopia», *Vegetos*, 36(3), pp. 1080-1088. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42535-022-00520-1>.

Bonilla, T. (2021) «Sistema de tutorado en hortalizas», *Sistema de tutorado en hortalizas ~ Ciencia y Agricultura Sostenible*. Disponible en: <https://ecoloagro.blogspot.com/2016/04/sistema-de-tutorados-en-hortalizas.html>.

Carrera, M. (2021) «Poda de formación y producción». Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120295/poda.pdf>.

Ceballos, K. (2018) *Evaluación y selección de cultivares híbridos de tomate [*Solanum lycopersicum* L. (MILL.)] en la zona de Puerto la Boca, Manab.* bachelorThesis. JIPIJAPA-UNESUM. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1382>

Ceballos, N., Vasquez, K., Sierra, U. (2024) «Technical and Economic Assessment of Tomato Cultivation Through a Macro-Tunnel Production System with the Application of *Gluconacetobacter diazotrophicus*», *Horticulturae*, 10(10). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/horticulturae10101110>.

Cervantes, A. (2024) *Color y estado de madurez del fruto de tomate de cáscara I*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/437/43743010011/html/>.

Coello, B. (2021) «Aplicación de la prueba t-Student para la competencia técnica y trazabilidad analítica: ejemplo de estudio». *Revista Campus*. *Revista Campus* 23, n.º 26 (2021): 145-50.», *Revista Campus*, 23(26), pp. 145-150.

Contreras, E. (2019) «Caracterización morfológica de la diferenciación floral en tomate (*Solanum lycopersicum* L.)», *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 19(4), pp. 59-70.

Contreras, X. (2021) «Costos directos e indirectos de una agropecuaria». Disponible en: <https://www.gestionar-facil.com/costos-directos-e-indirectos-de-una-agropecuaria/>.

Cueva, B. (2019) *El origen del tomate | Veggies First*. Disponible en: <https://www.veggiesfirst.com/es/blog/el-origen-del-tomate>.

Di Rienzo, A. (2008) *Infostat - Software estadístico*. Disponible en: <https://www.infostat.com.ar/>.

Dipple, F., Vélez, H., Panchana, U. (2022) «Do the training system and spacing affect the productivity and quality of tomato plants?», *Research, Society and Development*, 11(16). Disponible en: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.37766>.

Escobar, H. (2020) *Manual de producción de tomate bajo invernadero, disminuye la incidencia de plagas y enfermedades con el uso de tutorado*. Editorial Tadeo Lozano.

Florez Riatiga, M.A. (2021) «Evaluación del efecto de la polinización manual en la fecundación de flores y cuaje de frutos en el cultivo de maracuyá (*passiflora edulis*) en la vereda Espinal municipio los Santos en el departamento de Santander.», *reponame:Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. Disponible en: <https://repositorio.unad.edu.co/handle/10596/1392>.

Franni, Z. (2025) «Variedades de Tomates Híbridos para mejorar tu producción». Disponible en: <https://hortalan.com/ultimas-noticias/variedades-de-tomates-hibridos/>.

Galindo, J. (2022) *Manual técnico de Tutorio de Solanaceas*. Disponible en: <https://manual-tutorio-de-solanaceas/>.

Gómez, J. (2024) «Evaluación de rendimiento y productividad de cuatro híbridos de maíz Zea mays L en la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena.» Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12062>.

Gong, T., Herrera, Y., Cedeño, M. (2022) «Tomato fruit quality is more strongly affected by scion type and planting season than by rootstock type», *Frontiers in Plant Science*, 13(1). Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.948556>.

González, S. (2026) «Evaluación de diferentes sustratos orgánicos en la germinación de plántulas de pimiento *Capsicum annuum* en la provincia de Santa Elena». Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/16324>.

Gorini, F. (2024) *Guía completa del cultivo del tomate: técnicas, variedades y cultivo ecológico del tomate*. Parkstone International.

Gutiérrez, Ángel Agustín Mastache y Evaristo Carreño (2023) «EL SISTEMA DE TUTORADO Y PODA SOBRE EL RENDIMIENTO DE PEPINO EN AMBIENTE PROTEGIDO». Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33932433005.pdf>.

Herrera, G. (2024) *Hábitos de Crecimiento de Plantas* | PDF. Disponible en: <https://presentation/3-Crecimiento-determinado-e-indeterminado>.

Homero Gómez, 2024 (sin fecha) *Información de la planta de tomate*, Wikifarmer. Disponible en: <https://wikifarmer.com/library/es/article/informacion-de-la-planta-de-tomate>.

Huett, T. (2021) *Nutrición de la Planta de Tomate - Haiga Group*. Disponible en: <https://www.haifa-group.com/es/gu%C3%ADa-de-cultivo-nutrici%C3%B3n-de-la-planta-de-tomate>.

INIA (2018). Manual de cultivo del tomate al aire libre. Chile

Jaramillo, S. (2022) *Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas*. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - Agrosavia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13320>.

Jiménez, H. (2021) «Comparación de la incidencia poblacional de insectos plagas y beneficios en arreglos de monocultivo versus policultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL.)». Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/2272/1/ppf08j61c.pdf>.

Ledesma (2021) «Costos de producción y mercado del tomate producido en invernadero en Bambamarca», *Universidad Nacional de Cajamarca*. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3358>.

López (2023) «Aplicación de hortomalla a *Cucumis sativus* L (pepino) en Puerto Esperanza». Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14646/465>.

Lozano, J. (2022) «Comportamiento agronómico de cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivados en campo abierto y en condiciones protegidas», *Terra Latinoamericana*, 40. Disponible en: <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1459>.

Martínez, T. (2024) *Tomate: origen, cultivo, plagas y por qué se creía que era tóxico*. Disponible en: <https://campo/tomate-origen-cultivo-plagas-y-por-que-se-creia-que-era-toxico>.

Mascada, S. (2025) «Análisis dialéctico de líneas de tomates de hábito de crecimiento indeterminado para rendimiento y calidad de fruto», *Revista fitotecnia mexicana*, 48(1), pp. 33-44. Disponible en: <https://doi.org/10.35196/rfm.2025.1.33>.

Mejía, G. (2020) «Costos de producción y rentabilidad del cultivo de la papa en Zacapoaxtla, Puebla», *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(8), pp. 1651-1661. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1721>.

Mejillón, K.J. (2023) «Evaluación del rendimiento productivo del pimiento *Capsicum annum* híbrido salvador, bajo la aplicación de 3 bioestimulantes, en la provincia de Santa Elena». Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9739> (Accedido: 14 de julio de 2026).

Michalis, E., Giatra, C. y Skordos, D. (2023) «Assessing the Different Economic Feasibility Scenarios of a Hydroponic Tomato Greenhouse Farm: A Case Study from Western Greece», *Sustainability*, 15(19). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su151914233>.

Montero, P. (2023) «La mi Huertuca: Podando los tomates», *La mi Huertuca* [Preprint]. Disponible en: <https://lamihuertuca.com/2011/06/podando-los-tomates.html>.

Núñez, M (2024) «Fisiología Vegetal: la vida en el interior de las plantas. - Blog del COBCM», 25 septiembre. Disponible en: <https://cobcm.net/blogcobcm/2024/09/25/fisiologia-vegetal-vida-plantas/> (Accedido: 18 de febrero de 2026).

Ormaza, J. (2024) «Influencia del tutorado y densidad poblacional en el rendimiento del cultivo.» Disponible en: <http://repositorio.espm.edu.ec/handle/42000/462> (Accedido: 12 de julio de 2026).

Orona, L. (2022) «Indicadores técnico-económicos de la producción del cultivo de tomate bajo agricultura protegida en la Comarca Lagunera, México», *Biotechnia*, 24(3), pp. 70-76. Disponible en: <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v24i3.1721>.

Palomino, A. (2024) «Uso de rafia agrícola como tutor del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) a 2750 msnm - Ayacucho». Disponible en: <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/7555> (Accedido: 10 de julio de 2026).

Panchana, A. (2021) «Propuesta a la adaptación de cultivos hortícolas tolerantes al estrés hídrico en la zona de producción de la comuna San Marcos». Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6323> (Accedido: 14 de julio de 2026).

Perero, S. (2026) «Comportamiento agronómico del cultivo de pepino *Cucumis sativus* L. bajo el uso de dos biofertilizantes con diferentes dosis de aplicación en la comuna Cereza Bellavista-Río Nuevo, parroquia Colonche, Santa Elena». Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/16315>.

Pérez, R., Ordoñez, S., Gual, R., (2023) *Principales plagas y enfermedades del tomate de industria*. Disponible en: <https://www.agro.basf.es/es/Camposcopio/Secciones/Enfermedades-y-plagas/tomate-de-industria/>.

Ponce, J. (2023) «Densidad y poda en tres variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) cultivado en invernadero», *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 18(3), pp. 325-332. Disponible en: <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2010.08.028>.

Pozo, W. (2020) «Comportamiento agronómico de dos líneas promisorias de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill, en Río Verde, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena.» Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5538>.

Quesada, S. (2020) «Análisis comparativo de precios y costos de producción de hortalizas cultivadas de manera orgánica y convencional», *Agronomía Costarricense*, 44(2), pp. 81-108. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/rac.v44i2.43091>.

Quispe, M.A. (2024) «Estudio de los factores que afectan el rendimiento de pimiento *Capsicum annuum* L.» Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12021>.

Quispe-Choque, G., Rojas-Ledezma, S. y Maydana-Marca, A. (2022) «Morphological diversity determination of the tomato fruit collection (*Solanum lycopersicum* L.) by phenotyping based on digital images», *Selva Andina*, 13(2). Disponible en: <https://doi.org/10.36610/j.jsars.2022.130200051>.

Ramón, P. (2021) «Comportamiento agronómico de ocho variedades de *Saccharum officinarum* L., caña soca año 3, en Río Verde, provincia de Santa Elena.» Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5818> (Accedido: 14 de julio de 2026).

Reeves, E.R., Washburn, D. y Meadows, I. (2023) «Economic Analysis of Pruning Grafted Fresh-market Tomatoes», *HortScience*, 58(9), pp. 1104-1111. Disponible en: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI17211-23>.

Restrepo, A. (2023) «Fenología de la floración en tomate cultivado y especies silvestres relacionadas», *Acta Agronómica*, 57(2), pp. 89-93.

Ricardo, O. (2022) *Malla Espaldera y Entutorado - HORTOMALLAS™*. Disponible en: <https://www.hortomallas.com/malla-espaldera-entutorado-para-el-soporte-de-hortalizas-tutora-rafia/>.

Rivera, D. (2024) *Evaluación agronómica del cultivo de maíz (*Zea mays* l) híbrido dekalb 7088 con la aplicación de distintas dosis de fertilización en la parroquia Tres de Noviembre*. Disponible en: <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/7424b58b-c1ec-42d0-a000-6dc08770775c>.

Rivera, E. (2022) «Comportamiento agronómico del cultivo de pimiento *Capsicum annuum* L. con el uso de diferentes tipos de compost, en el Centro de Apoyo Río Verde, Santa Elena». Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8757>.

Romero, S. (2021) *Evaluación agro-económica de tipos de tutorados, podas vegetativas, podas de frutos y dos variedades de tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.), en invernadero*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/2737>.

Ruiz, R. (2023) «Manejo y control de plagas del cultivo de tomate en Cintalapa, Chiapas, México», *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(2), pp. 129-137.

San Martín, C., Montero, G., López, L. (2022) «Tomato fruit quality between clusters is differentially affected by nitrogen and potassium supply», *Rev. Fitotec. Mex.*, 45(2). Disponible en: <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.2.183>.

Santiago Lima (2023) *El Tomate, taxonomía, y descripciones botánicas, morfológicas, fisiológicas y ciclo biológico o agronómico*. Disponible en: <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/tomate/339-tomate-descripcion-morfologia-y-ciclo>.

Sharma, D., Guerrero, N., Castro, T. (2023) «A Value Chain Analysis of Cauliflower and Tomato in Bangladesh», *Sustainability*, 15(14), p. 11395. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su151411395>.

Sosa, P. (2021) «Prácticas Culturales En El Cultivo De Tomate». Disponible en: <https://www.vegetables.bayer.com/mx/es-mx/recursos/noticias/blog-practicas-culturales-en-el-cultivo-de-tomate.html>.

Tinta, E. (2022) *Sistema de podas en el rendimiento y calidad del tomate de crecimiento indeterminado (Solanum lycopersicum L.) híbrido T44 hongxl fl en condiciones edafoclimáticas de Cajabamba Huacrachuco*.

Waheed, A., Recalde, T., Armas, L. (2022) «Interactive effect of different staking methods and pruning levels on the growth and yield of Tomato», *International Journal of Biosciences*, 20(3), pp. 266-270. Disponible en: <https://doi.org/10.12692/ijb/20.3.266-270>.

Wubetie, Y., Wubetu, A. y Alemayehu, M. (2025) «Effects of staking techniques on growth and yield of tomato varieties in northwestern Ethiopia», *Scientific Reports*, 15(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-95659-7>.

Xitumul, L. (2019) «Validación de híbridos de tomate (Solanum lycopersicum L.) tipo saladette para mercado de Centroamérica y el Caribe». Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/f760c333-717a-4235-9677-8674b82bbdd9/content>.

Zayaz, N. (2024) «Influencia de distintos tutorados y poda para la producción de pepinos (Cucumis sativus L.) en la zona norte de Misiones», *Horticultura Argentina*, 44(114). Disponible en: <https://www.horticulturaar.com.ar/es/articulos/influencia-de-distintos-tutorados-y-poda-para-la-produccion-de-pepinos-cucumis-sativus-l-en-la-zona-norte-de-misiones.html>.

ANEXOS



Figura 1A. Planta de tomate a los 30 días ddt



Figura 2A. Tomates Sheila N extra grandes



Figura 3A. Plantas de tomate tutoradas con rafia agrícola



Figura 4A. Plantas de tomate tutoreadas con hortomallas



Figura 5A. Realización del control fitosanitario



Figura 6A. Inflorescencia afectada por negrita



Figura 7A. Frutos del tratamiento con rafia agrícola



Figura 8A. Plantas cargadas de frutos sanos

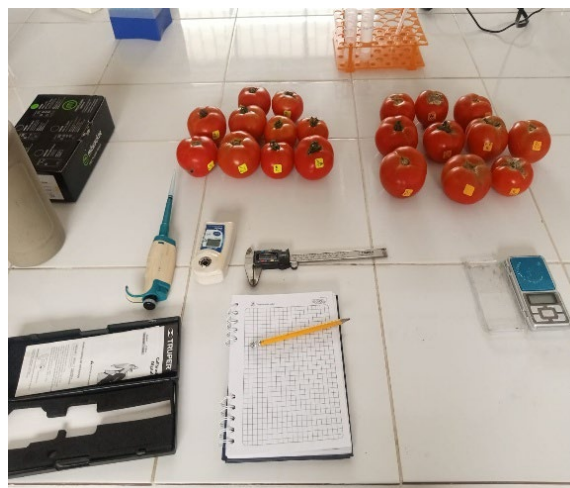


Figura 9A. Análisis en el laboratorio de los frutos de los dos tratamientos



Figura 10A. Uso del refractómetro para hallar los °Brix del fruto



Figura 11A. Medición del pH del fruto



Figura 12A. Medición del diámetro ecuatorial usando el calibrador



Figura 13A. Cosecha de tomates listos para su consumo



Figura 14A. Empaquetamiento de los tomates para su distribución

Tabla 1A. Prueba de T independiente para altura de la planta a los 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante

Variable	Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
30 días	Tutor R.A	Tutor H.M	50	-0.52	52.40	52.91	10.96	-0.33	0.7406
60 días	Tutor R.A	Tutor H.M	50	-2.24	61.94	64.18	15.58	-1.02	0.3143
90 días	Tutor R.A	Tutor H.M	50	0.16	106.38	106.22	20.37	0.06	0.9556
120 días	Tutor R.A	Tutor H.M	50	5.27	143.46	138.19	20.11	1.85	0.0698

Tabla 2A. Prueba de T Independiente para diámetro del tallo a los 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante

Variable	Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
30 días	Tutor R.A	Tutor H.M	50	-1.29	6.85	8.13	2.03	-4.49	<0.0001
60 días	Tutor R.A	Tutor H.M	50	-1.77	10.13	11.89	2.62	-4.76	<0.0001

90 días	Tutor R.A	Tutor H.M	50	-1.74	12.60	14.34	2.97	-4.14	0.0001
120 días	Tutor R.A	Tutor H.M	50	-1.34	21.60	22.94	3.57	-2.65	0.0108

Tabla 3A. Prueba de T independiente para masa del fruto

Variable	Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
Masa del fruto	Tutor R.A	Tutor H.M	50	24.37	164.67	140.31	80.79	2.13	0.0380

Tabla 4A. Prueba de T independiente para diámetro ecuatorial del fruto

Variable	Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
Diámetro ecuatorial del fruto	Tutor R.A	Tutor H.M	50	3.84	67.59	63.76	18.78	1.45	0.1548

Tabla 5A. Prueba de T independiente para diámetro polar del fruto

Variable	Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
Diámetro polar del fruto	Tutor R.A	Tutor H.M	50	-1.79	53.14	54.94	17.13	-0.74	0.4625

Tabla 6A. Prueba de T independiente para °Brix del fruto

Variable	Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
°Brix del fruto	Tutor R.A	Tutor H.M	50	0.13	5.35	5.22	1.21	0.76	0.4532

Tabla 7A. Prueba de T independiente para pH del fruto

Variable	Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
pH del fruto	Tutor R.A	Tutor H.M	50	0.05	4.57	4.52	0.33	1.16	0.2526

Tabla 8A. Prueba de T independiente para Rendimiento del fruto

Obs (1)	Obs (2)	N	media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
Tutor R.A	Tutor H.M	5	1449.18	6738.40	5289.22	712.41	4.55	0.0104