



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS

AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**“EVALUACIÓN DEL CULTIVO DE FRESA (FRAGARIA
SP.) EN UN SISTEMA SEMI-HIDROPÓNICO CON DOS
SUSTRATOS Y APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS
BENÉFICOS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

AUTOR: MATEO SEBASTIAN GUZHÑAY LEÓN

DIRECTOR: ING. JACINTO ENRIQUE VÁZQUEZ VÁZQUEZ, PhD.

CUENCA – ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA CIENCIAS

AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

“EVALUACIÓN DEL CULTIVO DE FRESA (*FRAGARIA SP.*)
EN UN SISTEMA SEMI-HIDROPÓNICO CON DOS
SUSTRATOS Y APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS
BENÉFICOS”

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

AUTOR: MATEO SEBASTIAN GUZHÑAY LEÓN

DIRECTOR: ING. JACINTO ENRIQUE VÁZQUEZ VÁZQUEZ, PhD.

CUENCA- ECUADOR

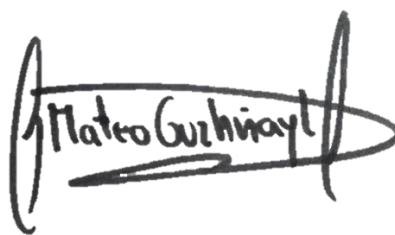
2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Mateo Sebastian Guzhñay Leon portador de la cédula de ciudadanía N° **0107138810**. Declaro ser el autor de la obra: **“EVALUACIÓN DEL CULTIVO DE FRESA (FRAGARIA SP.) EN UN SISTEMA SEMI-HIDROPÓNICO CON DOS SUSTRATOS Y APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS”** sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **13 de mayo de 2024**



F:

Mateo Sebastian Guzhñay Leon

C.I. 0107138810

CERTIFICACIÓN

Yo Jacinto Enrique Vázquez Vázquez, con cédula de identidad N° 0102976842 en calidad de director del Trabajo de Titulación con el tema: **“EVALUACIÓN DEL CULTIVO DE FRESA (FRAGARIA SP.) EN UN SISTEMA SEMI-HIDROPÓNICO CON DOS SUSTRATOS Y APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS”**, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Mateo Sebastian Guzhñay Leon**, bajo mi supervisión.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'J' followed by a cursive flourish.

Ing. Jacinto Vázquez Vázquez PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AGRADECIMIENTO

Esta tesis es fruto de mi esfuerzo y dedicación, pero también de la fe que ha sostenido en momentos difíciles. A dios, por ser mi luz y mi guía, dedico este logro con profunda gratitud.

Mis agradecimientos a los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Católica de Cuenca, en especial al Ing. Jacinto Vázquez quien supo guiarme en mi trabajo de grado.

También agradezco por la oportunidad de realizar mi tesis en el campus de posgrados de la Universidad Católica de Cuenca y a los Ing. Manuel Álvarez, Ing. Juan Carlos Cobos y al Ing. Vinicio Santillán, por sus conocimientos y consejos aportaron a mi formación académica.

Finalmente, lo más importante:

Gracias a mi madre, la mujer que medio la vida, la persona que me brindo su amor incondicional en cada paso del camino. Dedico esta tesis a ti, por ser mi fuente de inspiración, mi apoyo constante. Muchas gracias por creer en mi por tus sacrificios y por mostrarme que todo es posible con esfuerzo y dedicación.

De igual manera doy gracias a mis hermanos y a mi familia por darme las fuerzas para seguir adelante.

Gracias a mi Novia Dalila, por ser una compañera incondicional, mi fuente de inspiración y apoyo constante en este camino. Gracias por creer en mi incluso cuando yo mismo dudaba. Este logro es tan tuyo como mío.

INDICE

1.	RESUMEN	6
2.	ABSTRACT	7
3.	INTRODUCCIÓN.....	8
4.	OBJETIVOS.....	11
4.1	Objetivo general	11
4.2	Objetivos específicos.....	11
5.	MARCO TEORICO	12
5.1	Generalidades del cultivo de fresa.....	12
5.2	Clasificación taxonómica	13
5.3	Clasificación morfológica	13
5.3.1	Corona	13
5.3.3	Raíces	14
5.3.4	Estolones.....	14
5.3.5	Flores	14
5.3.6	Inflorescencia.....	14
5.3.7	Fruto	15
5.4	Valores nutricionales.....	15
5.5	Requerimientos edafoclimáticos	15
5.5.1	Clima	15
5.5.2	Humedad relativa.....	16
5.5.3	Suelo	16
5.5.4	Riego.....	17
5.6	Sistema de producción	17
5.6.1	Sistema de siembra tradicional.....	17
5.6.2	Sistema hidropónico	19
5.6.3	Sistema semi-hidropónico	19
5.7	Sustrato.....	20

5.8	Características de los sustratos en estudio.....	21
5.8.1	Cascarilla de arroz	21
5.8.2	Turba.....	21
5.9	Bioinsumos.....	22
5.9.1	Pellets de humus	22
5.9.2	Microorganismos benéficos MOBs	22
6.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
6.2	Metodología	23
6.2.1	Localización del experimento.....	23
6.2.2	Equipos, materiales e insumos	23
6.2.3	Equipos	23
6.2.4	Materiales	23
6.2.5	Insumos.....	24
6.3	Métodos.....	25
6.4	Diseño del experimento.....	25
6.5	Tratamientos.....	25
6.6	Características del ensayo	26
6.7	Esquema de distribución de tratamientos.....	27
6.8	Variables por medir.....	27
6.8.1	Altura de la planta.....	27
6.8.2	Número de hojas	28
6.8.3	Número de estolones	28
6.8.4	Número de flores	29
6.8.5	Rendimiento	30
6.8.6	Sólidos solubles (°brix).....	30
6.9	Humedad del sustrato	31
6.9.1	Condiciones del ensayo para determinar la humedad del sustrato	32

6.10	Desarrollo del experimento	34
6.10.1	Preparación de pelletizado de humus de lombriz	34
6.10.2	Infraestructura del invernadero y del sistema semi-hidropónico.....	34
6.10.3	Limpieza del invernadero	35
6.10.4	Colocación de sustrato en las mangas de polietileno.....	36
6.10.5	Colocación de mangas y slabs	37
6.10.6	Medición para el hoyado.....	37
6.10.7	Colocación de manguera de riego.....	38
6.10.8	Pruebas de riego.....	39
6.10.9	Humedecimiento de los sustratos	40
6.10.10	Siembra de las plántulas de fresa.....	40
6.10.11	Riego.....	42
6.11	Análisis estadístico.....	43
7.	RESULTADOS	44
7.2	Altura de la planta en cm.....	44
7.2.1	Altura de la planta a los 15 DDT.....	45
7.2.2	Altura de planta a los 30 DDT.....	45
7.2.3	Altura de planta a los 45 DDT.....	46
7.2.4	Altura de la planta a los 60 DDT.....	47
7.2.5	Altura de la planta a los 75 DDT.....	48
7.2.6	Altura de la planta a los 90 DDT.....	49
7.3	Número de hojas.....	51
7.3.1	Número de hojas a los 15 DDT	51
7.3.2	Número de hojas a los 30 DDT	52
7.3.3	Número de hojas a los 45 DDT	52
7.3.4	Número de hojas a los 60 DDT	53
7.3.5	Número de hojas a los 75 DDT	54
7.3.6	Número de hojas a los 90 DDT	55
7.4	Número de estolones de las plantas.....	56
7.4.1	Número de estolones a los 45 días.....	57
7.4.2	Número de estolones a los 60 días.....	58

7.4.3	Número de estolones a los 75 DDT.....	59
7.4.4	Número de estolones a los 90 DDT.....	60
7.4.5	Número de flores	62
7.4.6	Número de flores a los 60 DDT	63
7.4.7	Número de flores a los 75 DDT	64
7.4.8	Número de flores a los 90 DDT	65
7.5	Sólidos solubles (°brix)	67
7.6	Rendimiento por planta en gramos.....	68
7.7	Necesidades hídricas en los sustratos.....	70
7.7.1	Humedad del sustrato a los 30 DDT.....	70
7.7.2	Humedad del sustrato a los 45 DDT.....	71
7.7.3	Humedad del sustrato a los 60 DDT.....	71
7.7.4	Humedad del sustrato a los 75 DDT.....	71
7.7.5	Humedad del sustrato a los 90 DDT.....	72
7.8	PCA de los parámetros productivos de fresa en el sistema semi-hidroponico 73	
7.9	Modelo lineal.....	74
8.	DISCUSIÓN.....	76
9.	CONCLUSIONES.....	80
10.	RECOMENDACIONES.....	81
11.	REFERENCIAS.....	82
12.	ANEXOS	93

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Valores nutricionales de la fresa en 100gr de producto.	16
Cuadro 2 Caracterización microbiana de los microorganismos benéficos de carne humana (Jungia cf. Rugosa).	24
Cuadro 3 Cuadro de los resultados de análisis químico y físico del humus de lombriz.	25
Cuadro 4 Descripción de los ocho tratamientos evaluados para alcanzar el primer objetivo específico de la presente investigación.....	26
Cuadro 5 Descripción de las condiciones en el que se desarrolló el cultivo semi-hidropónico de fresa.	26
Cuadro 6 Aplicación del riego en el cultivo semi-hidropónico de fresa a los 30, 45, 60, 75 y 90 DDT, para evaluar la humedad de dos tipos de sustratos.	33
Cuadro 7 Evaluación de la altura promedio registrado en plantas de fresa sometido a diferentes tratamientos a los 15,30, 45, 60, 75 y 90 DDT.	50
Cuadro 8 Evaluación de número de hojas promedio registrada en plantas de fresa sometido a diferentes tratamientos a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 DDT.	56
Cuadro 9 Evaluación del número de estolones promedio registrada en plantas de fresa sometido a diferentes tratamientos a los 45, 60, 75 y 90 DDT.	61
Cuadro 10 Evaluación del número de flores promedio registrada en plantas de fresa sometido a diferentes tratamientos a los 60, 75 y 90 DDT.	66
Cuadro 11 Evaluación de Grados Brix promedio registrado en las plantas de fresa sometido a diferentes tratamientos.	67
Cuadro 12 Evaluación de rendimiento por planta promedio registrado en plantas de fresa sometida a diferentes tratamientos en los meses de mayo-agosto.....	69
Cuadro 13 Evaluación de la humedad del sustrato en los días 30, 45, 60, 75 y 90.....	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del invernadero en donde se desarrolla la presente investigación.	23
Figura 2. Esquema de aleatorización de los tratamientos, con base a un diseño completamente al azar.	27
Figura 3. a. Registro de la altura de la planta sembrado en mangas de polietileno. b. Registro de altura de plantas sembradas en slabs de pelemix.	27
Figura 4. a. Número de hojas mangas de polietileno, b. Número de hojas slabs de pelemix.	28
Figura 5. a. Estolones en las plantas de fresa, b. Corte de estolones.	29
Figura 6. a y b. Registro del número de flores generadas por la planta de fresa.	30
Figura 7. a y b. Registro del peso de los frutos de fresa, con la ayuda de una balanza digital.	30
Figura 8. a y b. Valoración de los grados brix (°brix), usando un refractómetro.	31
Figura 9. a. Tensiómetro agrícola, b. Toma de datos de humedad en el sustrato de cascarilla de arroz, c. Toma de datos de humedad en el sustrato comercial pelemix.	32
Figura 10. a. Humus de lombriz, b. Abono tamizado y colocado para su respectivo secado, c. Maquina peletizadora, d. Peletizado de humus de lombriz (producto final).	34
Figura 11. a. Infraestructura del invernadero, b. Cámaras, iluminación y sensores, c. Infraestructura del sistema semi-hidropónico aéreo.	35
Figura 12 a. Antes de la limpieza del invernadero, b. Después de la limpieza, c. Limpieza de las malezas que se encontraban en el invernadero.	36
Figura 13. a. Colocación de sustrato en la manga de polietileno. b. Grapado de manga.	37

Figura 14. a. Se refleja mangas colocadas de manera inapropiada, b. Mangas y slabs colocadas de manera correcta.	37
Figura 15. a. Medición con la cintra métrica con la ayuda de un palo, b. Marcado para el hoyado, c. Instrumento casero para el hoyado, d. Realizando los huecos para la siembra respectiva.	38
Figura 16. a. Colocación de cinta para que evitar el taponamiento de las mangueras, b. Colocación terminada del sistema de riego, c. Manguera conectada al sistema de riego.	39
Figura 17. a. Prueba de riego en manga de polietileno, b. Prueba de riego en los slabs de pelemix.	40
Figura 18. Humedecimiento de los sustratos.....	40
Figura 19. a. Corte de raíces de las plantas de fresa, b. Plantas sumergidas en un enraizante y desinfectante, c. Siembra de las plántulas de fresa, d. Riego luego de la siembra, e. Finalización de la siembra.....	42
Figura 20. a. Imagen de la interfaz (1 sensor de humedad relativa de las mangas, 2 riegos programables, 3 sensores, 4 botones para iluminación y riego manual), b. Sistema de control.....	43
Figura 21. Análisis del comportamiento de la altura de las plantas en cm a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 DDT.....	44
Figura 22. Altura media de plantas de fresa alcanzada a los 15 DDT.....	45
Figura 23. Altura de la planta a los 30 días.	46
Figura 24. Altura de la planta a los 45 días.	47
Figura 25. Altura de la planta a los 60 días.	48
Figura 26. Altura de la planta a los 75 días.	49
Figura 27. Altura de la planta a los 90 días.	50

Figura 28. Análisis de comportamiento de número de hojas de las plantas a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 DDT.....	51
Figura 29. Número de hojas a los 15 días.	52
Figura 30. Número de hojas a los 30 días.	52
Figura 31. Número de hojas a los 45 días.	53
Figura 32. Número de hojas a los 60 días.	54
Figura 33. Número de hojas a los 75 días.	55
Figura 34. Número de hojas a los 90 días.	55
Figura 35. Análisis del comportamiento de número de estolones de las plantas a los 45, 60, 75 y 90 DDT.....	57
Figura 36. Número de estolones a los 45 días.....	58
Figura 37. Número de estolones a los 60 días.....	59
Figura 38. Número de estolones a los 75 días.....	60
Figura 39. Número de estolones a los 90 días.....	61
Figura 40. Número de flores desde los 60 a 90 DDT.....	63
Figura 41. Número de flores a los 75 días.....	64
Figura 42. Número de flores a los 75 días.....	65
Figura 43. Número de flores a los 90 días.....	66
Figura 44. Sólidos solubles (°Brix)	67
Figura 45. Rendimiento por planta (gr) desde el mes de mayo y agosto.	69
Figura 46. Humedad del sustrato a los 30, 45, 60, 75 y 90 DDT.....	70
Figura 47. Evaluación de la humedad del sustrato a los 30, 45, 60, 75 y 90 DDT. Los resultados son expresados como promedio de los porcentajes \pm DS, n = 6. Tratamientos con una letra en común no difieren al 5%, de acuerdo con la prueba de DSH de Tukey.	73

Figura 48. a. Variables PCA, b. Individuales PCA.....	74
Figura 49. Modelo lineal del rendimiento de la fresa.....	75

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 15 DDT.....	93
Anexo 2 Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 30 DDT.....	93
Anexo 3 Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 45 DDT.....	93
Anexo 4 Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 60 DDT.....	93
Anexo 5 Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 75 DDT.....	93
Anexo 6 Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 90 DDT.....	93
Anexo 7 Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 15 DDT.....	94
Anexo 8 Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 30 DDT.....	94
Anexo 9 Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 45 DDT.....	94
Anexo 10 Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 60 DDT.....	94
Anexo 11 Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 75 DDT.....	94
Anexo 12 Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 90 DDT.....	94
Anexo 13 Análisis de varianza para la variable número de estolones a los 45 DDT.....	94
Anexo 14 Análisis de varianza para la variable número de estolones a los 60 DDT.....	95
Anexo 15 Análisis de varianza para la variable número de estolones a los 75 DDT.....	95
Anexo 16 Análisis de varianza para la variable número de estolones a los 90 DDT.....	95
Anexo 17 Análisis de varianza para la variable número de flores a los 60 DDT.....	95
Anexo 18 Análisis de varianza para la variable número de flores a los 75 DDT.....	95
Anexo 19 Análisis de varianza para la variable número de flores a los 90 DDT.....	95
Anexo 20 Análisis de varianza para la variable Sólidos solubles (°brix).....	95
Anexo 21 Análisis de varianza para la variable rendimiento por planta (gr).....	96

Anexo 22	Análisis de varianza de la humedad del sustrato a los 30 DDT.....	96
Anexo 23	Análisis de varianza de la humedad del sustrato a los 45 DDT.....	96
Anexo 24	Análisis de varianza de la humedad del sustrato a los 60 DDT.....	96
Anexo 25	Análisis de varianza de la humedad del sustrato a los 75 DDT.....	96
Anexo 26	Análisis de varianza de la humedad del sustrato a los 90 DDT.....	96
Anexo 27	Temperatura del invernadero.....	97
Anexo 28	Humedad relativa del invernadero.....	97
Anexo 29	Productividad en el sustrato comercial (fibra de coco).	98
Anexo 30	Productividad en el sustrato turba y cascarilla de arroz.	98
Anexo 31	Plantas de fresa en el sustrato turba y cascarilla de arroz.....	99
Anexo 32	Plantas de fresa en el sustrato comercial (fibra de coco).....	99
Anexo 33	Infraestructura del sistema semi-hidropónico permitiendo que los frutos permanezcan de manera aérea.	100
Anexo 34	Rendimiento de las plantas de fresa.....	100
Anexo 35	Toma de datos.....	101

1. RESUMEN

El cultivo de fresa busca reducir el uso de productos químicos mediante nuevas técnicas que minimicen el impacto ambiental, optimizado espacios, garantizando una fruta de calidad y sin residuos tóxicos. El objetivo fue evaluar el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.) en un sistema semi-hidropónico con dos sustratos y aplicación de microorganismos benéficos hasta los 90 días en el invernadero del campus Posgrado de la Universidad Católica de Cuenca. La investigación fue de tipo experimental con un diseño completamente al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones con un total de 24 unidades experimentales de 16 plantas, se evaluó los sustratos, los microorganismos benéficos y pellets, las variables dependientes fueron altura, número de hojas, estolones, flores, grados brix, rendimiento y humedad del sustrato, los resultados se analizaron con los softwares estadísticos, infostat y R-studio. Como resultados se obtuvo que el T5, T6, T7 y T8 presentaron las mejores medias en las variables altura, número hojas, estolones, flores y rendimiento, mientras que grados brix el T2 tuvo la mejor media, a su vez, los MOBs y pellets de humus tuvieron un efecto positivo en estos tratamientos, por otra parte, el sustrato de turba y cascarilla de arroz presento la mayor retención de humedad. En conclusión, el factor sustrato (turba y cascarilla de arroz) fue determinante para conseguir los mejores resultados en los parámetros productivos. La aplicación de MOBs y los pellets de humus no influyeron significativamente en ninguna variable evaluada, pero fueron determinantes para los sustratos turba y cascarilla de arroz.

Palabras claves: Pellets de humos, Microorganismos benéficos, Semi-hidropónico, Rendimiento, Fresa, Cultivo.

2. ABSTRACT

Strawberry cultivation aims to reduce the use of chemicals through innovative techniques that minimize environmental impact, optimizing spaces to ensure high-quality fruit without toxic residues. The goal was to assess strawberry cultivation (*Fragaria* sp.) in a semi-hydroponic system with two substrates and the application of beneficial microorganisms for up to 90 days in the greenhouse at the Postgraduate campus of the Catholic University of Cuenca. The research was an experimental study with a completely randomized design involving eight treatments and three replications, totaling 24 experimental units with 16 plants each. The evaluation focused on substrates, beneficial microorganisms, and pellets. Dependent variables included plant height, number of leaves, stolons, flowers, brix degrees, yield, and substrate moisture. Statistical analysis was conducted using the software packages InfoStat and R-Studio. The results showed that T5, T6, T7, and T8 had the highest averages in height, number of leaves, stolons, flowers, and yield variables. In terms of brix degrees, T2 had the best average. Additionally, the application of beneficial microorganisms (BMOs) and humus pellets positively affected on these treatments. On the other hand, the peat and rice husk substrate showed the highest moisture retention. In conclusion, the substrate factor (peat and rice husk) was crucial in achieving the best results in the productive parameters. Applying BMOs and humus pellets did not significantly influence any evaluated variable but were crucial for the peat and rice husk substrates.

Keywords: Humus pellets, beneficial microorganisms, Semi-hydroponics, Yield, Strawberry, Cultivation.

3. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, el cultivo de fresa (*Fragaria* sp) ha experimentado un crecimiento notable, convirtiéndose en un elemento fundamental en la dieta de las familias. Esta fruta posee cualidades organolépticas irresistibles como su forma, color, sabor y aroma, lo que convierte en un producto altamente atractivo (Coronado et al., 2015), es ampliamente demandada para consumo en fresco y procesada como jugos, helados, pasteles, conservas, mermeladas, entre otros (Quishpe Gordón, 2013).

Ecuador presenta ventajas para la producción y exportación de la fresa a lo largo de todo el año, gracias a su posición geográfica favorable. Aunque la producción actual solo alcanza para satisfacer la demanda interna, se destaca que únicamente un reducido 12% de los agricultores se enfocan en la exportación de esta fruta, de este modo nos indica que en el mercado internacional existe amplias oportunidades para la exportación de la fresa (Arrellano, 2020).

La fresa ha recibido un amplio respaldo por parte de los agricultores de las provincias de la Sierra, abarcando desde el norte de pichincha hasta zonas del Azuay e Imbabura (Borja, 2010). Se ha observado que los métodos convencionales de siembra enfrentan desafíos significativos en la naturaleza de origen biótica y abiótica, lo que resulta en la contaminación del entorno y en la obtención de frutas con residuos tóxicos. Por esta razón, se busca opciones que reduzcan al mínimo el empleo de productos químicos. Con este propósito en mente, se están explorando enfoques innovadores de producción que sean respetuosos con el medio ambiente y que garanticen la obtención de fresas de alta calidad para satisfacer la demanda del consumidor (Mejía, 2017).

En este contexto, resulta vital desarrollar técnicas que permitan cultivar cantidades significativas de plantas en espacios reducidos. Estos métodos innovadores

abarcan desde la implementación de invernaderos con sistemas semi-hidropónicos hasta la adopción de técnicas inteligentes que facilitan la práctica de una agricultura precisa. Estas estrategias fundamentan su enfoque en el empleo tanto de sustratos orgánico como inertes, además de la utilización de soluciones nutritivas para complementar de manera efectiva el aporte nutricional de las plantas (Otuna, 2012).

El sistema semi-hidropónico ofrece ventajas tales como la reducción de incidencia de plagas, el menor uso de plaguicidas, la eficiencia en el uso de recursos hídricos y fertilizantes (Encalada Aldaz, 2020). En los sistemas semi-hidropónicos se ha constatado un aumento en la producción de hasta un 40%, en comparación a los métodos tradicionales como es el cultivo en suelo (Cadena Morocho, 2022).

La aplicación de microorganismos en la agricultura favorece en el óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas, estimulando la germinación, incremento de biomasa y el rendimiento, ya que mejora la estructura física del suelo, esto facilita un adecuado desarrollo del sistema radical (Tanya et al., 2019). Por lo mencionado, el objetivo de esta investigación fue evaluar el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.) en un sistema semi-hidroponico con 2 sustratos y aplicación de microorganismos benéficos.

En la actualidad, la agricultura todavía se lleva a cabo utilizando métodos tradicionales para el cultivo de fresas. Sin embargo, se están explorando nuevas alternativas con el objetivo de aumentar la eficiencia. Entre estas alternativas se encuentra el cultivo semi-hidropónico, que presenta varias ventajas significativas. Una de las más importantes es su capacidad para aprovechar eficientemente los recursos hídricos, lo cual es crucial en regiones donde el acceso al agua es limitado. Además, este sistema permite un mejor control de plagas y enfermedades, lo que resulta en frutas de mayor calidad sin la necesidad de utilizar una gran cantidad de agroquímicos. La implementación del cultivo

semi-hidropónico no solo beneficia a los agricultores en términos de eficiencia y calidad de los cultivos, sino que también puede aumentar sus ingresos. Por lo tanto, es fundamental promover la adopción de este tipo de sistema en la agricultura moderna.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) en un sistema semi-hidropónico con dos sustratos y aplicación de microorganismos benéficos hasta los 90 días en el invernadero del campus Posgrado de la Universidad Católica de Cuenca.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los sustratos y los microorganismos benéficos en los parámetros productivos de fresa en un sistema semi-hidroponico.
- Determinar las necesidades hídricas del cultivo de fresa en los diferentes sustratos.

5. MARCO TEORICO

5.1 Generalidades del cultivo de fresa

La fresa pertenece a la familia Rosaceae y género *Fragaria*, componen más de 3000 especies de 107 géneros diferentes y se distribuyen por una gran parte en zonas cálidas del hemisferio norte del país (Bonet, 2010). La fresa se ha venido cultivando hace muchos siglos en Europa, Asia y los Estados Unidos de América, siendo caracterizada como una de las frutas de mayor consumo en el mundo (MINAGRI, 2008). Los mayores productores de fresa son China, Estados Unidos de América, México, Turquía y Egipto, aportando más del 70% del volumen total de la producción de la fresa en todo el mundo (Ramírez et al., 2020). En Ecuador se anuncia la existencia de la fresa por el padre Gregorio Fernández de Velazco y se asegura que se refería a la variedad *Fragaria chiloensis* (Muños, 2010).

El cultivo de fresa en Ecuador es rentable, ya que gracias a sus condiciones agroclimáticas favorece a los cultivos, siendo beneficiado por una mayor cantidad de horas luz a la diferencia de otros países. (Vintimilla Palacios, 2014). La fresa se cultiva en zonas que tienen entre los 1.300 y 2.600 m.s.n.m, con temperaturas que bordean los 15 °C (Muyulema, 2021). En nuestro país, las zonas que se dedican mayormente a este cultivo se encuentran en la región Sierra como Pichincha, con 400 ha, Tungurahua, con 240 ha, Cotopaxi, Chimborazo Imbabura y Azuay con 40 ha aproximadamente (Aguilar Freile, 2018).

5.2 Clasificación taxonómica

Según Weston Duchesne la taxonomía de la fresa es la siguiente;

Reino: *Plantae*
División: *Magnoliophyta*
Clase: *Magnoliopsita*
Subclase: *Rosidae*
Orden: *Rosales*
Familia: *Rosaceae*
Subfamilia: *Rosoideae*
Tribu: *Potentilleae*
Subtribu: *Fragariinae*
Género: *Fragaria*
Especie: *Ananassa* (Llumiquinga, 2017).

5.3 Clasificación morfológica

La fresa es una planta que se considera de tipo perenne acaulescente (sin tallo) y se caracteriza por ser leñosa y está compuesta por un tallo central llamado corona, el cual contiene las hojas, raíces, estolones, flores y frutos (Kirschbaum, 2020).

5.3.1 Corona

La fresa posee un tallo que se encuentra representado por la corona, la cual tiene un aproximado de 2 a 3cm de longitud. Con el paso del tiempo, esta corona tiende a ser leñosa y también se encuentra rodeada externamente por estípulas. A partir de esta corona se desarrollan las hojas, flores, estolones y las raíces de la planta (France et al., 2012).

5.3.2 Hojas

Las hojas son trifoliadas, compuestas por tres hojuelas. A su vez cada una de sus hojas cuenta con su propio peciolo, que están unidas a un peciolo principal y en su base estípulas que lo envuelven, esto dando como resultado protección a las yemas a los puntos de crecimiento (France et al., 2012).

5.3.3 Raíces

Las raíces de la fresa tienen la capacidad de extenderse hasta alcanzar una longitud de 2 m y tener una estructura altamente ramificada. Estas se componen de dos que son: las raíces de soporte, que sirve para el sostén de la planta y las raicillas laterales o alimenticias, que forma la masa radicular y a su vez éstas absorben el agua y los nutrientes que se encuentren en el suelo (France et al., 2012).

5.3.4 Estolones

Las fresas se propagan a través de los estolones, donde la planta madre crea puntos de crecimiento capaz de enraizar en el suelo y convertirse en plantas independientes. En el periodo de crecimiento, los estolones crecen y enraízan, la planta madre es responsable de proporcionar energía. Por esta razón, se recomienda cortarlos, ya que la planta madre se enfoca en el crecimiento de esa planta y no en producir buena flor y buen fruto (Palacios, 2020).

5.3.5 Flores

Las flores están formadas por pétalos de color blanco, generalmente en un número de cinco a seis. Estas contienen entre 20 a 35 estambres, junto con un número variable de pistilos. A medida que las flores se desarrollan progresivamente, se vuelven más pequeñas y con menos pistilos. Esto teniendo un impacto directo en el tamaño de fruto, entre más pistilos mayor tamaño del fruto y entre menos pistilos menor tamaño del fruto. Como un pequeño ejemplo, una flor puede generar 500 pistilos y una final solo 50 (France., 2012).

5.3.6 Inflorescencia

La inflorescencia cuenta con un eje primario, cuatro terciarios y ocho cuaternarios. Cada eje lleva en su extremo una flor. El tamaño de la inflorescencia depende de la variedad de la fresa. Aquellas variedades con inflorescencias largas

permiten una cosecha más fácil, mientras que las inflorescencias cortas nos ofrecen mayor protección en los frutos (France et al., 2012).

5.3.7 Fruto

El desarrollo de los aquenios ocasiona que la porción del receptáculo se hinche y tome una formación cónica, agrandándose alrededor de ellos. Este receptáculo es carnoso, de color rojo o amarillento, y es la parte comestible de la fresa. Los aquenios pueden estar hundidos o sobresalir en el receptáculo, y esto varía según la variedad de fresa (France et al., 2012).

5.4 Valores nutricionales

La fresa es un fruto que combina un sabor exquisito con un valor nutricional. Es rica en vitamina C, potasio y ácido fólico, y también proporciona fibra dietética y betacaroteno. Además, cuenta con cualidades antioxidantes y se le atribuye propiedades que pueden ayudar en la prevención del cáncer (Olivera, 2012). Los valores nutricionales de la fresa se visualizan en la Cuadro 1.

5.5 Requerimientos edafoclimáticos

5.5.1 Clima

La temperatura óptima para fines comerciales, en lo que respecta al día, oscila entre los 15 y 18°C, mientras que durante las horas de la noche se encuentra entre los 8 y 10°C. Si bien es cierto, la fresa es uno de los cultivos que resiste bajas temperaturas hay que tener en cuenta si la temperatura es de 0°C (heladas) provocando daños en las flores y de esta manera se verá afectado el fruto (CCB, 2015). Se ve favorecida por un fotoperiodo neutro (Benavides et al., 2022) y se cultiva en áreas situadas entre 1200 y 2500 m.s.n.m (Chiqui y Lema, 2010).

Cuadro 1

Valores nutricionales de la fresa en 100gr de producto.

Nombre	Cantidad	Unidad
Calcio	16	mg
Hierro	0.41	mg
Magnesio	13	mg
Fósforo	24	mg
Potasio	153	mg
Sodio	1	mg
Zinc	0.41	mg
Cobre	0.048	mg
Vitamina C (ácido ascórbico)	58.8	mg
Vitamina B9 (folato)	24	µg
Vitamina B5 (ácido pantoténico)	0.125	mg
Vitamina B6 (piridoxina)	0.047	mg
Vitamina K (filoquinona)	2.2	µg
Vitamina B3 (niacina)	0.386	mg
Vitamina E (alfa-tocoferol)	0.29	mg
Vitamina B1 (tiamina)	0.024	mg
Vitamina B2 (riboflavina)	0.022	mg

Fuente: (USDA,2019)

5.5.2 Humedad relativa

Los niveles humedad relativa (HR) idóneos están entre los 60 y 75%. Cuando la humedad es excesiva, se genera un microclima ideal para la propagación de agentes fitopatógenos, entre ellos, los hongos. En cambio, si la humedad es escasa se generan daños fisiológicos, reduciendo significativamente el rendimiento por planta (Chiqui, 2010).

5.5.3 Suelo

El cultivo de fresa se desarrolla positivamente en suelos de textura franco y franco arenoso con buen drenaje y una profundidad superior a 80 cm. Este cultivo es susceptible a la salinidad del suelo; por lo tanto, la conductividad eléctrica (Ce) no debe extender 1,0 ds.m-1. Asimismo, se recomienda que los niveles de materia orgánica (MO) oscilen entre el 3% y el 6% (Kirschbaum, 2021), con un pH moderadamente ácido, con valores entre 5.7 y 6.5 (CCB, 2015).

5.5.4 Riego

La fresa es una planta que sufre de estrés hídrico lo que provoca un desarrollo escaso en el sistema radicular y como resultado, un bajo rendimiento en los cultivos. Por ello, es crucial manejar cuidadosamente la cantidad de agua aplicada al terreno o al sustrato. El sistema de riego que más se emplea es el riego por goteo, que permite un control preciso del suministro de agua, maximizando su rendimiento. El riego por goteo permite suministrar de manera efectiva el recurso hídrico y evitar que las hojas de las plantas entren en contacto con el agua para así mantener la salubridad de las plantas. El requerimiento hídrico en la planta de fresa puede variar según la variedad, el tamaño de las hojas, la etapa de desarrollo de la planta, las condiciones climáticas (temperatura, vientos, luminosidad y la cantidad de horas lluvia) (ITSC, 2018).

En el cuadro 2 se refleja las necesidades hídricas del cultivo de fresa según las etapas fenológicas y su manejo de fertilización.

5.6 Sistema de producción

5.6.1 Sistema de siembra tradicional

Conocida como siembra directa dentro de lo que hoy se conoce como agricultura convencional. Esta práctica representa un enfoque de baja tecnología y es ejecutada tanto para pequeños, medianos y grandes productores, que utilizan métodos manuales de siembra, tracción animal o siembra mecánica (Molina y Reconco, 2020). En el sistema tradicional del cultivo de fresa se lleva a cabo tareas de manera manual, sin contar con el equipo adecuado para el control del invernadero, resultando en un incremento de las horas de trabajo y mayor personal de campo, disminuyendo la rentabilidad del cultivo (Criollo, 2022).

Cuadro 2

Necesidades hídricas en el cultivo de fresa en sus etapas fenológicas.

Etapas fenológicas	fertilización y necesidades hídricas
Brotación	<p>En estos primeros meses se requiere alrededor 150 cm³ al día por cada planta.</p> <p>Si se observa en la planta un desarrollo bajo se realiza aplicación foliar de tipo N-P-K, con formula de 10-30-10 con aplicación de aminoácidos.</p>
Desarrollo foliar	<p>En esta etapa se requiere alrededor de 250 cm³ al día por cada planta, se aplica una fertilización inicial con dosis mínimas de N-P-K con formula 15-30-15.</p>
Inicio floración	<p>Se aplica riegos de 250 cm³ al día por planta. Con dosis de N-P-K con formula de 18-6-18.</p>
Fructificación	<p>Aplicación de riegos de 250 cm³ al día por planta. Donde se debe incrementar el aporte de potasio, calcio y elementos minerales usando 13-10-40</p>

Fuente: CCB, 2015.

5.6.2 Sistema hidropónico

Este sistema se viene realizando desde el descubrimiento de los cultivos hidropónicos se da inicio en el primer milenio A.C, en los Jardines Colgantes de Babilonia, se podría decir que fue uno de los primeros intentos exitosos de cultivar plantas sin utilizar tierra. La hidroponía es una de las técnicas de cultivar plantas sin el requerimiento de terreno agrícola facilitando a la planta los elementos nutricionales esenciales o necesarios, para que pueda completar su ciclo de vida, a través de la utilización de las soluciones nutritivas (Beltrano y Gimenez, 2015).

Este sistema se caracteriza por la ausencia de un sustrato, lo que significa que las raíces de las plantas no están en contacto con ningún material sólido. En cambio, todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas se encuentran disueltos en el agua, permitiendo que las raíces absorban directamente. Esta técnica, conocida como sistema NFT por sus siglas en ingles de Nutrient Film Technique, implica la aireación del agua o permitir que las raíces y la solución estén expuestas al aire. Se utilizan soportes especiales para que las plantas tengan contacto con el agua y, al mismo tiempo, sean sostenidas adecuadamente (Beltrano y Gimenez, 2015).

5.6.3 Sistema semi-hidropónico

Este método de cultivo demuestra una notable eficiencia y es ampliamente utilizada para el cultivo de diversas especies, como hortalizas, legumbres, frutas, plantas medicinales y ornamentales. Varios productores en países de Latinoamérica y el Caribe han aprobado y mejorado este sistema tanto la agricultura familiar como en la agricultura comercial, logrando abastecer a grandes mercados. En Ecuador, ha sido bien recibido por varias comunidades rurales dedicadas al cultivo de hortalizas y legumbres. Anteriormente, estas comunidades seguían métodos de agricultura tradicional, pero ahora

han adoptado esta técnica con entusiasmo ya que permite tener buenos resultados en los cultivos (Aguilera, 2020).

Este sistema semi-hidropónico es aéreo y se utilizan canaletas, bolsas o vasos que contienen un material inerte, tales como fibra de coco, perlita, turba, aserrín, cascarilla de arroz, compost, entre otros. Asimismo, se utilizan soluciones nutritivas que sirven para proporcionar los nutrientes necesarios a las plantas a través de la fertirrigación. Esta forma de producción combina lo mejor de los métodos tradicionales y la hidroponía. Mediante esta técnica, se logra un uso más eficiente del recurso hídrico, lo que resulta en un mejor aprovechamiento para el cultivo, además de su implementación en espacios reducidos (Inga, 2021).

5.7 Sustrato

En el sistema semi-hidroponico, el sustrato realiza una función crucial al proporcionar un soporte para las raíces de la planta y, al mismo tiempo, mantener la humedad (Zárate Aquino, 2014). Este sistema sin suelo nos facilita obtener una calidad, sanidad e inocuidad de los frutos, a su vez incrementamos producción de nuestros cultivos por planta, y siendo eficaces en el uso de agua y fertilizantes (Carrillo, 2018). Según Burés, (2002), “El sustrato ideal para el crecimiento de las plantas será los que tengan alte retención de agua, porosidad adecuada, nutrición completa, anclaje firme y que tenga ausencia de componentes fitotóxicos para que la planta se desarrolle de forma sana,,

La presencia de materia organica es vital para la actividad biológica y la fertilidad del suelo. Además de favorecer las características físicas y químicas del sustrato. La sostenibilidad ambiental también es un factor crucial, por lo que se debe elegir un sustrato que no genere impactos negativos en el ecosistema. Por último, es importante verificar que el sustrato esté libre de patógenos y plagas que puedan afectar la salud de las plantas.

Una selección cuidadosa del sustrato, atendiendo a todos estos aspectos, asegurara un desarrollo sano y próspero para las plantas (Cruz Crespo et al., 2012).

5.8 Características de los sustratos en estudio

5.8.1 Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz es uno de los sustratos más utilizados en los cultivos hidropónicos, ya que posee propiedades físicas y químicas que le otorga una buena porosidad y lo convierte en un producto liviano para su transporte (Ruiz, 2021). Además, es un sustrato ligero, con deficiencia para retener la humedad y es de origen orgánico, a su vez su descomposición es lenta. El propósito de este sustrato es mezclar para promover una adecuada oxigenación. Si se emplea cascarilla de arroz es necesario llevar a cabo un procedimiento de desinfección química y anaeróbica con el objetivo de combatir hongos y larvas de insectos (López, 2019).

5.8.2 Turba

El sustrato de turba es de origen vegetal y se encuentra en un estado de descomposición compuesta principalmente por briófitos del género *Sphagnum*. Es ampliamente utilizado en viveros para la propagación de esquejes (Ruano et al., 2001). Este sustrato se distingue por sus características ideales para el crecimiento de las plantas y ha sido ampliamente comercializado en climas templados. Las propiedades de este material han permitido su uso como un medio de cultivo fundamental y distinto del suelo, convirtiéndose en un factor indispensable en la industria hortícola (Bracho et al., 2009).

Las turbas se dividen en dos tipos: las turbas rubias y las turbas negras. En cuanto a las turbas rubias, se caracterizan por tener un alto contenido de materia orgánica y se encuentran en un estado de menor deterioro. Por otro lado, las turbas negras están más mineralizadas y presentan un porcentaje menor de materia orgánica. Entre estas, las turbas

rubias son consideradas una de las mejores opciones para el cultivo sin suelo debido a su capacidad destacada para retener el agua y proporcionar una aireación adecuada (Infoagro, 2017). Según lo señalado por Martínez y León, 2004) la turba es el sustrato más frecuentemente utilizado en invernaderos para el cultivo de fresa debido a su capacidad de regulación de pH, lo que beneficia la aireación de las raíces de la planta.

5.9 Bioinsumos

5.9.1 Pellets de humus

Los pellets son fertilizantes orgánicos que no contienen microflora patógena. A su vez, presentan excelentes propiedades físicas y mecánicas, lo que facilita su manipulación, transporte y distribución en el suelo. Una de las principales ventajas de los granulados es que requieren una menor cantidad de abono en comparación con el compost tradicional y humus biológico (Międażys et al., 2019).

5.9.2 Microorganismos benéficos MOBs

En la década de los años 80, el Dr. Teruo Higa de origen japonés es el pionero en el desarrollo de los microorganismos en el ámbito de la agricultura. Estos microorganismos vinieron ganando fama a través de productos comerciales elaborados en laboratorios y estos microorganismos pasaron hacer conocidos como microorganismos eficientes (Tencio, 2014). Los microorganismos presentes en la montaña o recolectados a partir de la filosfera pueden ser utilizados en diversos procesos agrícolas, estos microorganismos benefician a los agricultores en una producción de cultivos sostenibles implicando a una conservación del suelo y protección de la biodiversidad (Lakshman y Gopal, 2015). Su presencia facilita la fijación de nitrógeno, mejorando la fertilidad del suelo y estimula la producción de hormonas de crecimiento, lo que contribuye significativamente al aumento de la productividad agrícola (Vázquez et al., 2019).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.2 Metodología

6.2.1 Localización del experimento

La presente investigación se realizó en el invernadero del Campus de Posgrado de la Universidad Católica de Cuenca, que se encuentra ubicada en el camino a Patamarca y Cojimíes por el sector de la Uncovía, en la ciudad de Cuenca, de la provincia del Azuay.



Figura 1. Ubicación del invernadero en donde se desarrolla la presente investigación.

Fuente: Google Earth

6.2.2 Equipos, materiales e insumos

6.2.3 Equipos

- Balanza digital
- Bomba de mochila 20 L
- Refractómetro Manual Escala de 0 a 40% de grados brix (Zhifong modelo FG 513)
- Tensiómetro agrícola (Vigoro modelo 308 314)
- Computadora
- Cámara

6.2.4 Materiales

- Invernadero
- Cinta métrica
- Teflón
- Piola
- Regla
- Pala

- Azadilla
- Abrazaderas
- Hoyadora Casera
- Esfero y corrector
- Vasos de precipitación
- Sistema de riego
- Mangas de polietileno

6.2.5 Insumos

- Sustrato de fibra de coco, producto comercial de la marca pelemix.
- Sustrato elaborado con una mezcla de 50% de turba y 50% de cascarilla de arroz.
- Plantas de fresa variedad Monterey (*Fragaria x ananassa*).
- Microorganismos Benéficos obtenidos de hojas de la planta de carne humana (*Jungia cf. Rugosa*), su caracterización microbiana determinada en el laboratorio DIONOKA se presenta en la Cuadro 3.
- Pellets de humus lombriz, Producto realizado por el laboratorio vegetal de la Universidad Católica de Cuenca, con resultado de laboratorio de la empresa AGROBIOLAB con los siguientes resultados: M.O 11.02 %, pH de 7.40 pn y una conductividad eléctrica de 6.69 mmhos/cm se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 3

Caracterización microbiana de los microorganismos benéficos de carne humana

(Jungia cf. Rugosa).

Microorganismos	UFC ml⁻¹
<i>Acinetobacter sp.</i>	0,86965
<i>Aeromonas sp.</i>	0,68798
<i>Alcaligenes sp.</i>	1,75873
<i>Bacillus cereus</i>	1,24924
<i>Bacillus subtilis</i>	0,14726
<i>Candida sp.</i>	1,28427
<i>Clostridium sp.</i>	0,53822
<i>Lactobacillus spp.</i>	1,20294
<i>Listeria monocytogenes</i>	1,18247
<i>Micrococcus sp.</i>	1,24729
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1,39253
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,28774
<i>Pseudomonas putida</i>	0,24932
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1,24879
<i>Salmonella sp.</i>	0,82742

Cuadro 4. Cuadro de los resultados de análisis químico y físico del humus de lombriz.

Características	Resultado	Elementos
Nitrógeno (N)	0.62 %	Bajo
Fósforo (P)	912.00 ppm	Exceso
Zinc (Zn)	24.50 ppm	Exceso
Cobre (Cu)	1.40 ppm	Bajo
Hierro (Fe)	15.60 ppm	Bajo
Manganeso (Mn)	60.80 ppm	Exceso
Boro (B)	8.15 ppm	Alto
Cloro (Cl)	115.20 meq/l	Exceso
Potasio (K)	8.76 meq/l	Bajo
Calcio (Ca)	19.28 meq/l	Medio
Magnesio (Mg)	8.98 meq/l	Medio
Sodio (Na)	0.46 meq/l	Bajo
pH	7.40 pn	Prácticamente neutro
M.O	11.02 %	Bajo
C. E.	6.69 mmhos/cm	Medio
Humedad	8.01 %	Bajo

6.3 Métodos

Es una investigación experimental de tipo descriptiva, el método que se utilizó en el científico.

6.4 Diseño del experimento

Se utilizo un diseño experimental completamente al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones, las variables independientes fueron: microorganismos, pellets de humus y dos tipos de sustratos, teniendo 24 unidades experimentales donde se sembraron 16 plantas, dando un total de 384 individuos, sembrados a una distancia 25 cm.

6.5 Tratamientos

En el cuadro 5. Se presentan la descripción de los tratamientos evaluados con las dosis que se empleó para cada tratamiento. Cabe recalcar que la aplicación de los microorganismos benéficos se aplicaba una vez por semana y los pellets de humus se colocó una sola vez por planta al transcurrir 15 días después del trasplante.

Cuadro 5

Descripción de los ocho tratamientos evaluados para alcanzar el primer objetivo específico de la presente investigación.

Tratamiento	Sustrato	Microorganismos Benéficos	Pellets de humus
Tratamiento 1	Sustrato comercial	40 ml x planta	10gr x planta
Tratamiento 2	Sustrato comercial	40ml x planta	
Tratamiento 3	Sustrato comercial		10gr x planta
Tratamiento 4	Sustrato comercial		
Tratamiento 5	Sustrato (turba y cascarilla de arroz)	40ml x planta	10gr x planta
Tratamiento 6	Sustrato (turba y cascarilla de arroz)	40ml x planta	
Tratamiento 7	Sustrato (turba y cascarilla de arroz)		10gr x planta
Tratamiento 8	Sustrato (turba y cascarilla de arroz)		

6.6 Características del ensayo

En la Cuadro 6. Se presenta las características más relevantes del ensayo.

Cuadro 6

Descripción de las condiciones en el que se desarrolló el cultivo semi-hidropónico de fresa.

Descripción	Valor
Número de camas	12
Ancho de la cama	22 cm
Largo de la cama	8 m
Ancho de los caminos	88 cm
Distancia entre plantas	25 cm
Dimensión del terreno	70.7 m ²
Número de plantas por cama	32
Número total de plantas	384
Número de plantas por unidad experimental	16

6.7 Esquema de distribución de tratamientos

En la figura 2, se puede observar la distribución de los tratamientos. Se instaló dos tratamientos por cama, cada fila con un total de 32 plantas.

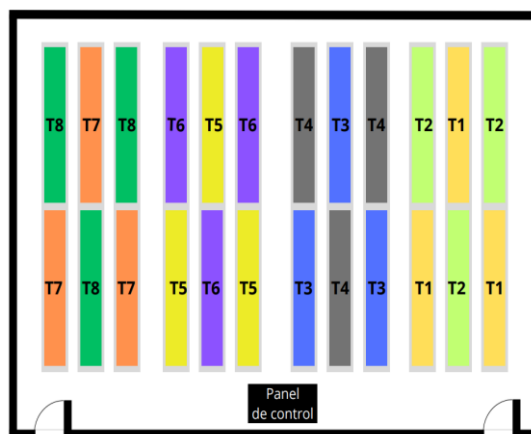


Figura 2. Esquema de aleatorización de los tratamientos, con base a un diseño completamente al azar.

6.8 Variables por medir

6.8.1 Altura de la planta

Con una regla se midió la altura de todas las plantas, desde la base del tallo hasta el punto más alto de la parte aérea, la unidad de medida fue en centímetros (cm), esto se realizó a los 15,30,45,60,75 y 90 días después del trasplante (DDT).



Figura 3. *a.* Registro de la altura de la planta sembrado en mangas de polietileno. *b.* Registro de altura de plantas sembradas en slabs de pelemix.

6.8.2 Número de hojas

Para esta variable se contabilizaron cada una de las hojas existentes por planta a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 DDT.



Figura 4. *a. Número de hojas mangas de polietileno, b. Número de hojas slabs de pelemix.*

6.8.3 Número de estolones

Los estolones de cada planta de fresa fueron contabilizados y extraídos cada 15, 30, 45, 60, 75 y 90 DDT.

En esta variable se observó una baja incidencia de estolones, lo que generó datos estadísticos irrelevantes. Sin embargo, es posible identificar cuál fue el tratamiento con mayor o menor cantidad de estolones.



Figura 5. *a. Estolones en las plantas de fresa, b. Corte de estolones.*

6.8.4 Número de flores

Se registra los días transcurridos desde el trasplante hasta el inicio de las primeras flores de las plantas y se hace un conteo.

En la variable número de flores se tuvo ciertos inconvenientes a la hora de la toma de datos, ya que se presentaron poca incidencia de flores en las plantas de fresa por esta razón los datos estadísticos están irrelevantes, a pesar de esto se puede observar cual es el tratamiento con mayor y menor número de flores.



Figura 6. *a y b. Registro del número de flores generadas por la planta de fresa.*

6.8.5 Rendimiento

Para determinar el rendimiento por planta se procedió a pesar en una balanza los frutos recolectados de cada planta, procedente de los ocho tratamientos evaluados. Se cosechó 2 veces a la semana, los lunes y viernes. Se contempló tomar datos hasta el mes de mayo, pero en ese mes no se tuvo el rendimiento esperado, por lo que se recolectó hasta el mes de agosto.



Figura 7. *a y b. Registro del peso de los frutos de fresa, con la ayuda de una balanza digital.*

6.8.6 Solidos solubles (°brix)

Para evaluar la variable solidos solubles se recolectaron un total de 6 frutos por cada tratamiento. Las fresas se recolectaron en un grado de madures 5, esto según la

Norma Técnica Colombiana (NTC 4103, 1997), donde indica que el fruto presenta un rojo intenso de color rojizo y se extiende hacia la zona del cáliz. Se selecciono este punto de madurez con el objetivo de obtener datos confiables y relevantes para la investigación.

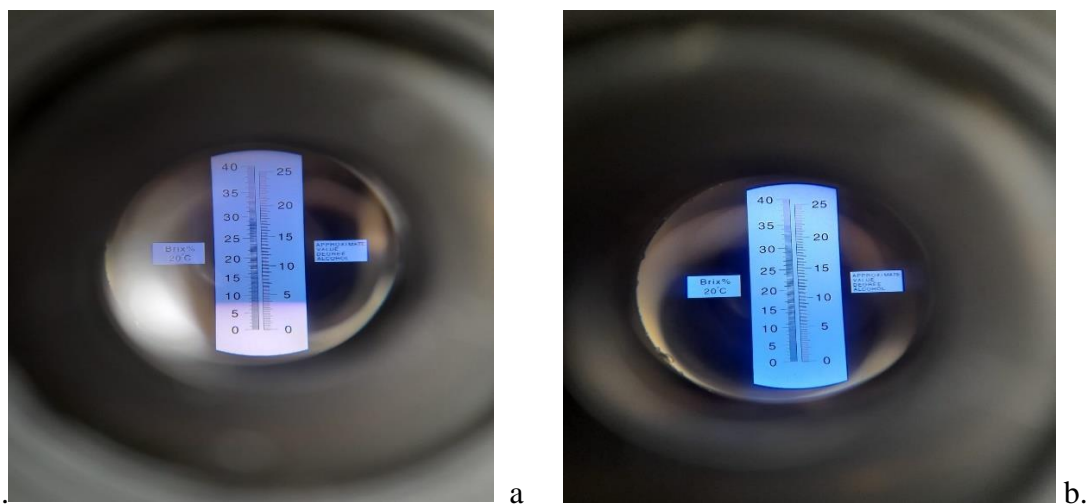


Figura 8. a y b. Valoración de los grados brix ($^{\circ}$ brix), usando un refractómetro.

6.8.7 Humedad del sustrato

Para saber la cantidad de agua al cultivo de fresa, se midió la humedad del sustrato comercial (fibra de coco) y convencional (turba y cascarilla de arroz), para esto se necesitó un sensor de humedad (Vigoro modelo 308 314), este instrumento funciona con cambios dieléctrica del suelo:

Medición: Para la medición primero se coloca el interruptor en la posición de Moist, se introduce las puntas del instrumento en el sustrato hasta una profundidad de 9cm, se observa los cambios en la parte superior del equipo donde se encuentra una escala de Dry/Wet que va desde 1 a 10, luego se espera 30 segundos y se procede a la toma de datos, por último, cuando se va a realizar otra toma de datos, se seca las agujas para obtener datos correctos.

Toma de datos: para realizar la toma de datos, se procedió a tomar ocho datos por cada manga, con la finalidad de obtener un dato preciso por fila. Es importante destacar que inicialmente se planteó llevar a cabo esta medición con los sensores de humedad ubicados en cada manga. Sin embargo, esto no fue posible debido a que solo median la humedad de una sola planta, lo que no resulta representativo para la toma de datos. Por esta razón, se realizaron mediciones en cada manga con la ayuda de un tensiómetro, lo que nos permitió obtener datos más representativos. Esto fue fundamental para determinar la humedad óptima en los sustratos.



Figura 9. *a. Toma de datos de humedad en el sustrato de cascarilla de arroz, b. Toma de datos de humedad en el sustrato comercial pelemix.*

6.8.8 Condiciones del ensayo para determinar la humedad del sustrato

A los 30 DDT se aplicó 2 frecuencias de riego con una duración de 1 min, durante cada minuto de riego se distribuyeron 9 litros de agua en todas las camas, lo que implica que se distribuyó 1.5 litros por fila. Semanalmente se aplicó 10.5 litros de agua. Transcurrido los 45 DDT se cambió la duración del riego a 2 minutos, lo que resultó en un aumento de los niveles de humedad. Mientras que, a los 60 días, se realizó una modificación en los riegos, aumentando a 3 frecuencias de riego. A los 75 y 90 DDT, se

mantuvo el tiempo y frecuencia de riego, ya que los sustratos se mantenían en una humedad óptima (Cuadro 7).

Cuadro 7

Aplicación del riego en el cultivo semi-hidropónico de fresa a los 30, 45, 60, 75 y 90

DDT, para evaluar la humedad de dos tipos de sustratos.

Días	Frecuencia	Tiempo	Volumen	Sustratos
30	2	1 minuto	10.5 Vol. L/día	Sustrato comercial (fibra de coco)
				Sustrato (Turba y cascarilla de arroz)
45	2	2 minutos	21 vol. L/día	Sustrato Comercial (fibra de coco)
				Sustrato (Turba y cascarilla de arroz)
60	3	2 minutos	31.5 Vol. L/día	Sustrato comercial (Fibra de coco)
				Sustrato (Turba y cascarilla de arroz)
75	3	2 minutos	31.5 Vol. L/ día	Sustrato comercial (fibra de coco)
				Sustrato (Turba y cascarilla de arroz)
90	3	2 minutos	31.5 Vol. L/ día	Sustrato comercial (fibra de coco)
				Sustrato (Turba y cascarilla de arroz)

6.9 Desarrollo del experimento

6.9.1 Preparación de peletizado de humus de lombriz

El peletizado se elaboró con humus de lombriz producido en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Católica de Cuenca. El humus se recolectó y se tamizó en una malla para evitar que las lombrices se mezclen con el sustrato, posteriormente, el abono se dejó secar durante 5 días y se procedió con el peletizado, en el proceso se agregó melaza a la mezcla para evitar que los pellets se rompieran.



Figura 10. *a. Humus de lombriz, b. Abono tamizado y colocado para su respectivo secado, c. Maquina peletizadora, d. Peletizado de humus de lombriz (producto final).*

6.9.2 Infraestructura del invernadero y del sistema semi-hidropónico

El invernadero tiene 7 m de ancho por 10 m de largo. Dispone de dos puertas y tres cortinas ubicadas a sus lados, así como una cortina en la parte frontal del invernadero,

También se encuentra equipado con cámaras de vigilancia y sistema de iluminación, Además, se incorporan sensores de temperatura DHT22 y un sensor de CO2 para monitorear las condiciones ambientales del invernadero. El sistema semi-hidropónico consiste en un sistema aéreo en el que cada cama está compuesta por tres filas. Las dimensiones y medidas pueden observarse en la figura 11.

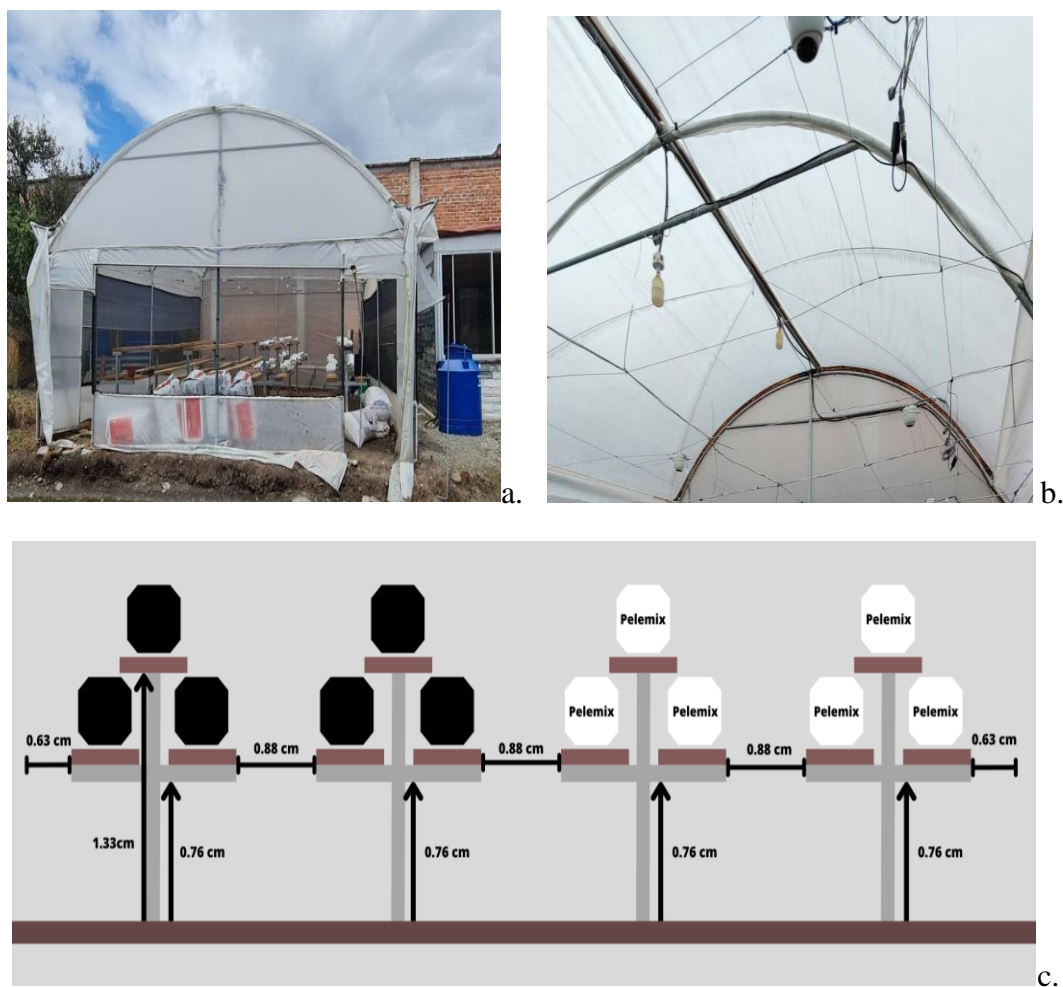


Figura 11. *a. Infraestructura del invernadero, b. Cámaras, iluminación y sensores, c. Infraestructura del sistema semi-hidropónico aéreo.*

6.9.3 Limpieza del invernadero

En esta labor se realizó una limpieza del invernadero, ya que se encontró en mal estado, se llevó a cabo el retiro de las malezas y se limpió la estructura del invernadero.



Figura 12 *a. Antes de la limpieza del invernadero, b. Después de la limpieza, c. Limpieza de las malezas que se encontraban en el invernadero.*

6.9.4 Colocación de sustrato en las mangas de polietileno

Se llenó las mangas con el sustrato compuesto por turba y cascarilla de arroz en proporciones 50/50 y se selló las mismas con una grapadora industrial, para evitar derrame de sustrato.

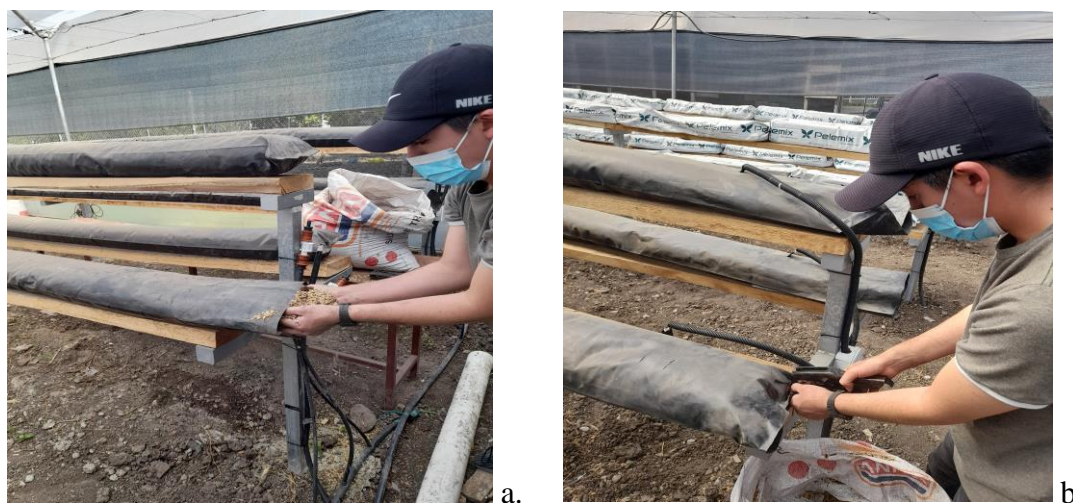


Figura 13. *a. Colocación de sustrato en la manga de polietileno. b. Grapado de manga.*

6.9.5 Colocación de mangas y slabs

Se colocaron las mangas y las slabs en la estructura, ya que se encontraban en el suelo, y se procedió a limpiarlas debido a su ubicación anterior en el suelo.

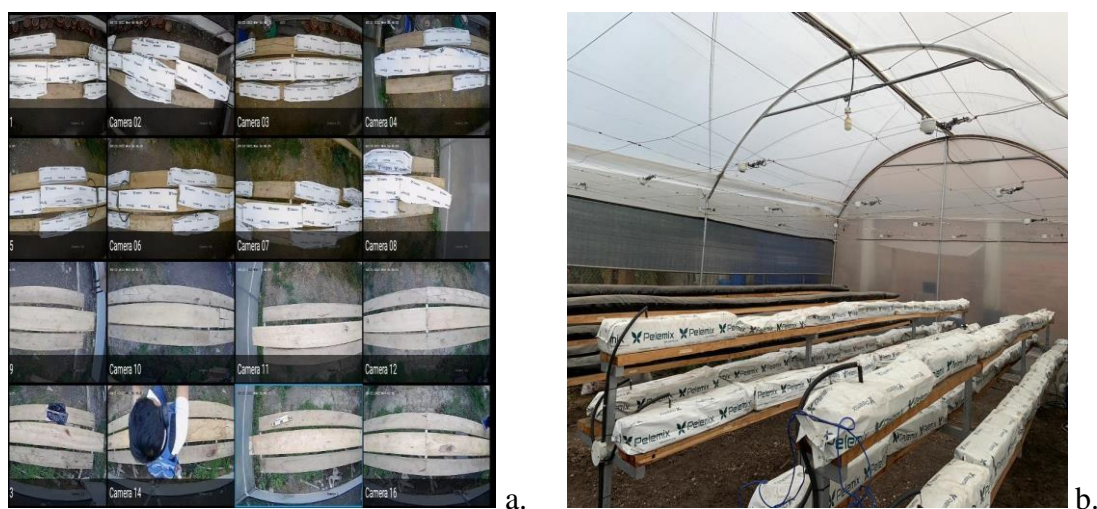


Figura 14. *a. Se refleja mangas colocadas de manera inapropiada, b. Mangas y slabs colocadas de manera correcta.*

6.9.6 Medición para el hoyado

Con ayuda de una cinta métrica se realizaron hoyos cada 25 cm utilizando un instrumento compuesto por una lata y un palo y se limaron los filos para lograr un corte circular.

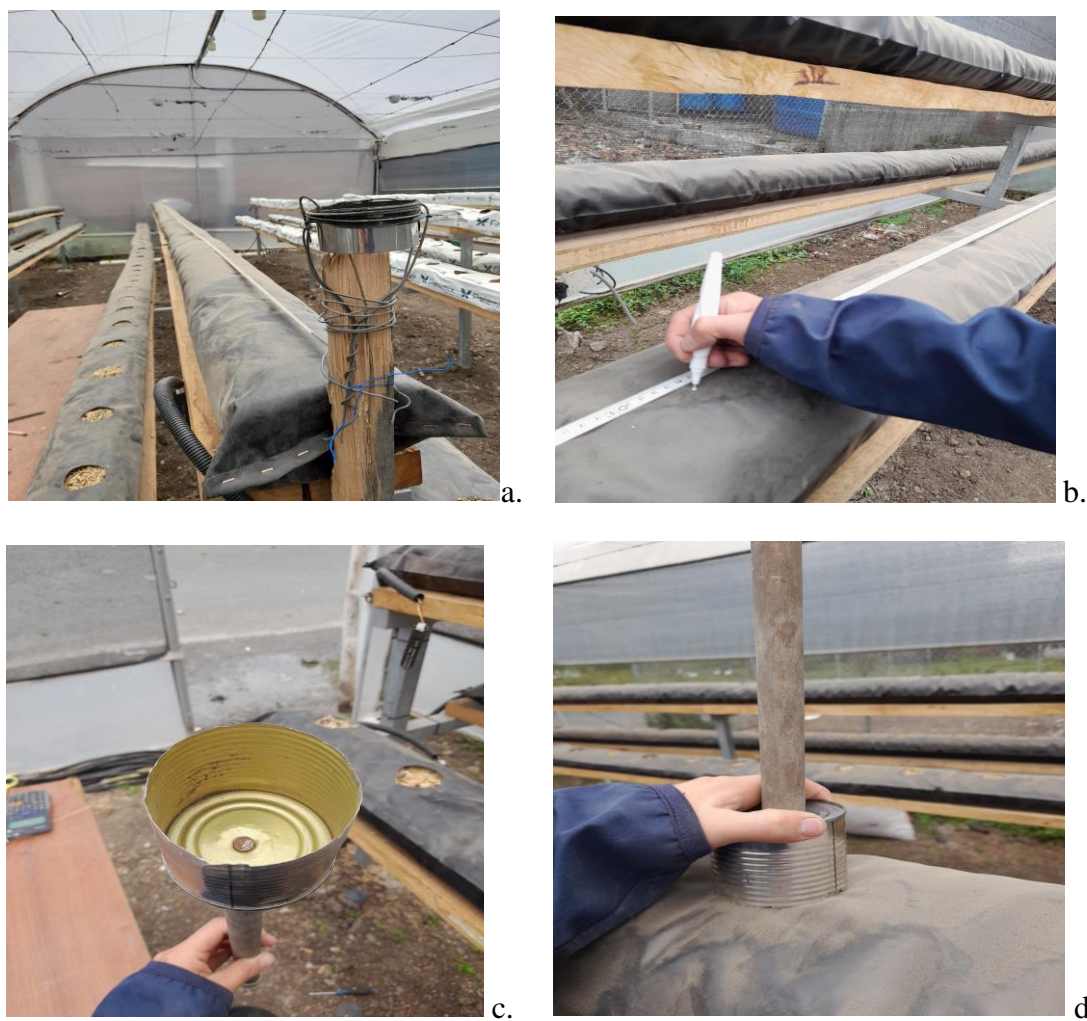


Figura 15. *a. Medición con la cintra métrica con la ayuda de un palo, b. Marcado para el hoyado, c. Instrumento casero para el hoyado, d. Realizando los huecos para la siembra respectiva.*

6.9.7 Colocación de manguera de riego

Para evitar que el sustrato entre en las mangueras se colocó un pedazo de cinta en el comienzo de las mangueras, Además, se ajustó la manguera al sistema de riego para asegurar su funcionamiento adecuado.



Figura 16. *a. Colocación de cinta para que evitar el taponamiento de las mangueras, b. Colocación terminada del sistema de riego, c. Manguera conectada al sistema de riego.*

6.9.8 Pruebas de riego

En esta actividad, se llevaron a cabo ensayos de riego con el propósito de comprobar la correcta funcionalidad del sistema de riego.



Figura 17. *a. Prueba de riego en manga de polietileno, b. Prueba de riego en los slabs de pelemix.*

6.9.9 Humedecimiento de los sustratos

Con el propósito de lograr la adecuada humectación de los sustratos, se ejecutaron dos riegos de 5 minutos al día, hasta que los sustratos se humedezcan de mejor manera. Para facilitar la siembra de las plantas.

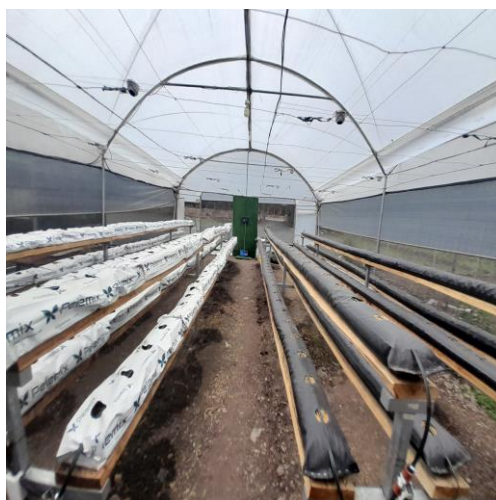


Figura 18. Humedecimiento de los sustratos.

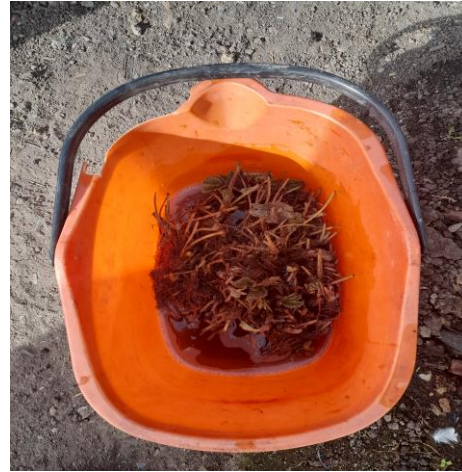
6.9.10 Siembra de las plántulas de fresa

Antes de la siembra se cortó las raíces de las plántulas de fresa, dado que eran excesivamente largas, esta práctica se realiza para permitir una inserción más eficiente de la planta en el sustrato, tras finalizar el corte de todas las raíces de las plántulas, se sumergen en una solución enraizante (nombre comercial: MAX-Rhadix) y un

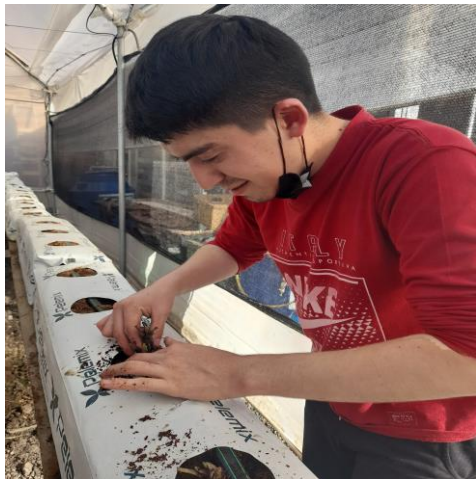
desinfectante (peróxido de hidrógeno), con el objetivo de garantizar la salud de las raíces. Finalmente, se procede a la siembra de las plantas de fresa en los espacios previamente designados y se realiza un riego para evitar la muerte de la planta.



a.



b.



c.



d.



Figura 19. *a. Corte de raíces de las plantas de fresa, b. Plantas sumergidas en un enraizante y desinfectante, c. Siembra de las plántulas de fresa, d. Riego luego de la siembra, e. Finalización de la siembra.*

6.9.11 Riego

El sistema de riego es automatizado, incorporado electroválvulas que resultan esenciales para ejercer un control preciso sobre el riego. Este control, compuesto por 12 electroválvulas y una bomba de agua en operación, posibilita una irrigación eficaz al cultivo. En tanque de agua se ubicaron dos sensores: uno de ellos es el sensor ultrasónico SRO4M-2, localizado en la tapa del tanque, con la función de medir el nivel de agua; y el otro es el sensor Relé, ubicado cerca del depósito de agua, encargado de activar la bomba para facilitar el flujo de líquido hacia las electroválvulas. Además, se incorpora un sensor sumergible de temperatura para obtener la temperatura del líquido y sensores de humedad para verificar la humedad relativa del sustrato, para ejecutar los riegos y supervisar los porcentajes de los sensores, se dispone de una pantalla y una interfaz.

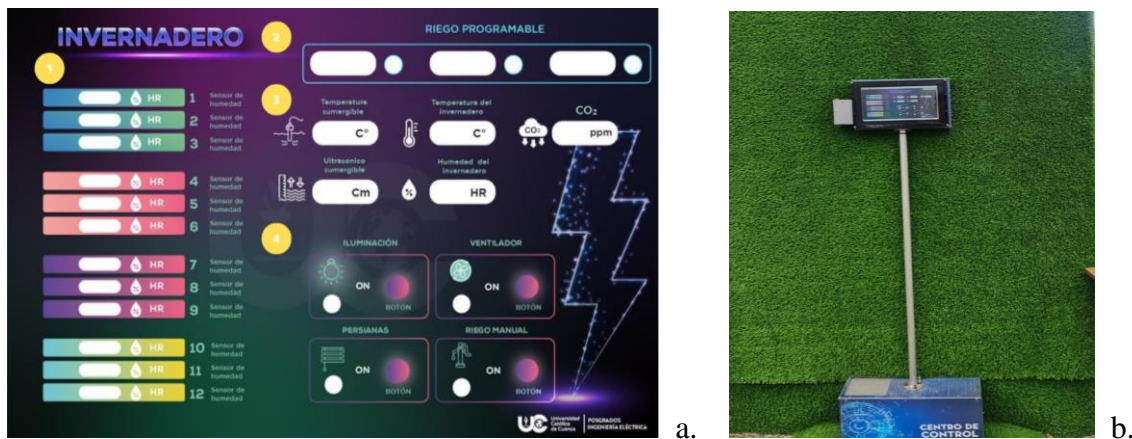


Figura 20. *a. Imagen de la interfaz (1 sensor de humedad relativa de las mangas, 2 riegos programables, 3 sensores, 4 botones para iluminación y riego manual), b. Sistema de control.*

6.10 Análisis estadístico

Todos los datos se analizaron con el software estadístico InfoStat. Se ajustó un modelo Completamente Aleatorizados para comparar los ocho tratamientos en cada una de las variables y periodo de tiempo evaluado. Las diferencias entre tratamientos se evaluaron con un nivel de significación de 0,05. La distribución normal y la homogeneidad se comprobaron con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Las comparaciones por pares se realizaron mediante la prueba HSD Tukey.

Se utilizó el software estadístico R, versión R, V. 4.1.3 para realizar un análisis de componentes principales y se ajustó una modelo línea. Para el modelo lineal se realizó un análisis del gráfico comparando las variables de rendimiento y número de flores, las cuales fueron las más relevantes en el análisis PCA. Posteriormente, se ajustó modelo lineal para determinar la relación entre estas dos variables.

7. RESULTADOS

7.2 Altura de la planta en cm

Las alturas alcanzadas de las plantas de fresa a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 DDT se muestra en la Figura 21. En los primeros 15 DDT los ocho tratamientos evaluados generaron plantas de altura similar. Trascurrido los 30 DDT, los tratamientos 6 y 8, indujeron plantas de mayor altura. A los 45 DDT, se registró plantas de mayor tamaño con los tratamientos 6, 8 y 5, y las plantas de menor altura con el tratamiento 2. En cambio, a los 60 DDT se observó plantas de mayor tamaño con el tratamiento 5 y 6 y plantas de menor altura con el tratamiento 2. Trascurrido los 75 DDT el tratamiento 5 registró plantas de mayor tamaño en tanto que el tratamiento 2 tuvo la menor altura. Finalmente, a los 90 DDT los tratamientos 5, 6, 8 mostraron plantas con mayor altura y plantas de menor tamaño con el tratamiento 2.

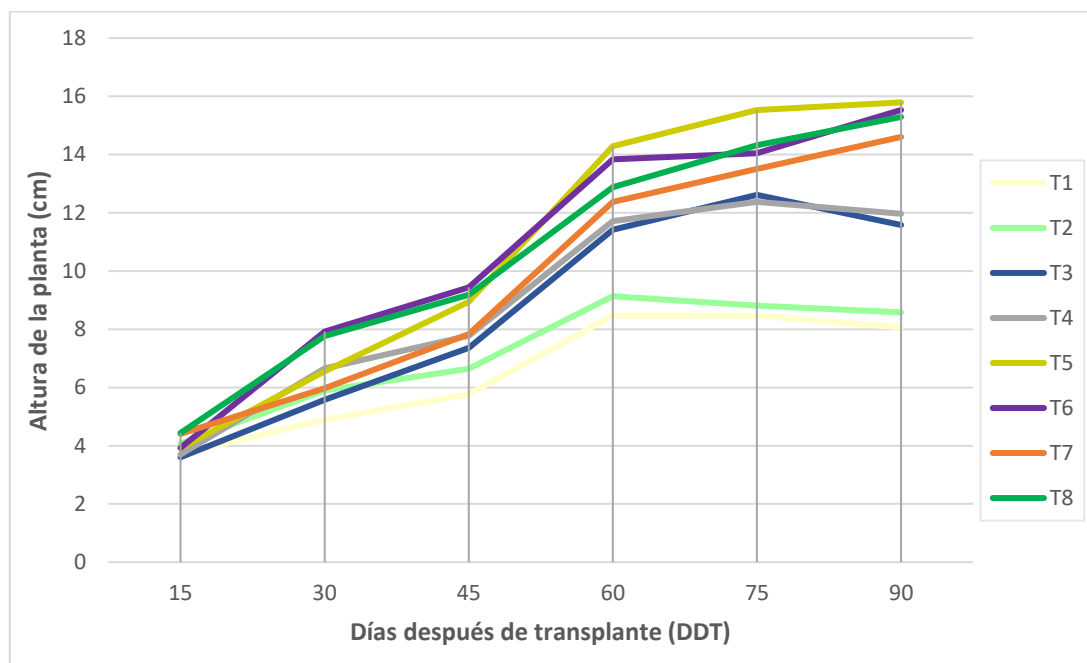


Figura 21. Análisis del comportamiento de la altura de las plantas en cm a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 DDT.

7.2.1 Altura de la planta a los 15 DDT

Los datos registrados para la variable de respuesta altura de las plantas a los 15 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.30$). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.235$) (Figura 22), el coeficiente de variación fue de 10.07 (Anexo 1).

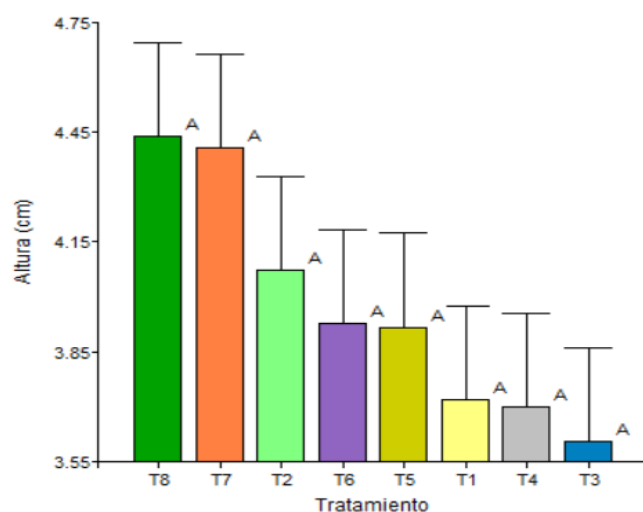


Figura 22. Altura media de plantas de fresa alcanzada a los 15 DDT

7.2.2 Altura de planta a los 30 DDT

Los datos para la variable de respuesta Altura de las plantas a los 30 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.89$ y homogeneidad de varianza $p = 0.12$). El ANOVA realizado para esta variable mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.0025$), con un coeficiente de variación de 12.14 (Anexo 2).

El tratamiento 6 evidenció plantas de mayor altura, con un promedio de 7.79 cm, seguido del tratamiento 8 con una media de 7.77 cm, no evidenciando diferencia estadística significativa entre los dos tratamientos, pero difiriendo estadísticamente del tratamiento 1 que registró plantas de menor altura, con 4,90 cm. Los tratamientos 4, 5, 7, 2, 3 evidenciaron medias superiores al tratamiento 1, pero no difirieron estadísticamente

de este, lo que indica que todos estos tratamientos se comportaron igual que el tratamiento 1, registrado como el menos idóneo para inducir crecimiento de plantas de fresa a los 30 DDT (Figura 23, Cuadro 8).

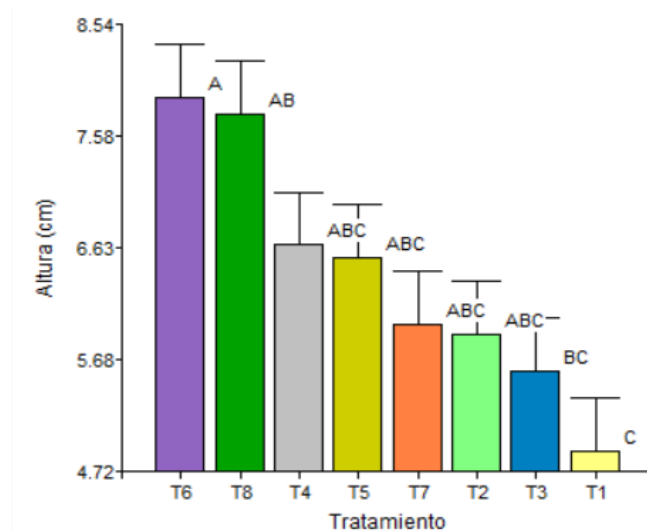


Figura 23. *Altura de la planta a los 30 días.*

7.2.3 Altura de planta a los 45 DDT

Los datos registrados para la variable de respuesta altura de las plantas a los 45 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.66$). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.0584$), el coeficiente de variación fue de 17.72 (Anexo 3) (Figura 24).

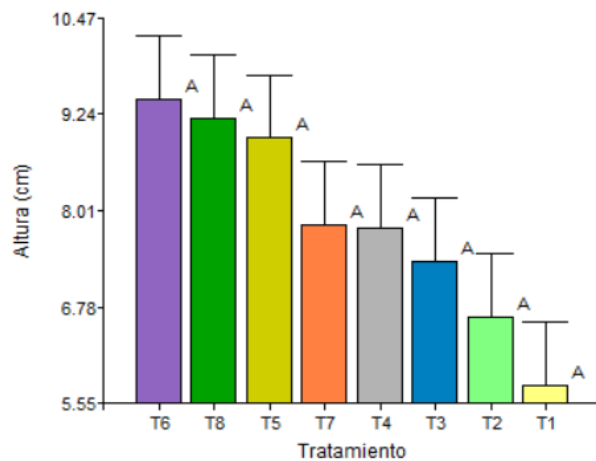


Figura 24. *Altura de la planta a los 45 días.*

7.2.4 Altura de la planta a los 60 DDT

Los datos para la variable de respuesta Altura de las plantas a los 60 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.73$ y homogeneidad de varianza $p = 0.05$). El ANOVA realizado para esta variable mostró diferencia estadística significativa ($p = 0.0082$) entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 14.90 (Anexo 4).

El tratamiento 5 evidenció las plantas más altura, con una media de 14.29 cm, seguido del tratamiento 6 con una media de 13.93 cm, no evidenciando diferencia estadística significativa entre los dos tratamientos, pero difiriendo estadísticamente del tratamiento 1 que registró la menor altura de plantas, con una media de 8,47 cm. Los tratamientos 8, 7, 4, 3 y 2 evidenciaron medias de 12.88 cm, 12.30 cm, 11.71 cm, 11.42 cm y 9.14 cm, superiores al tratamiento 1, pero no difirieron estadísticamente de este, indicando que son los menos idóneos para inducir crecimiento de plantas de fresa a los 60 DDT (Figura 25, Cuadro 8).

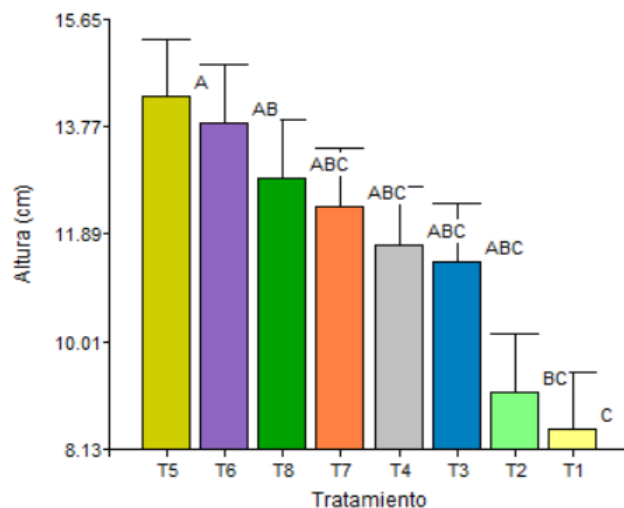


Figura 25. *Altura de la planta a los 60 días.*

7.2.5 Altura de la planta a los 75 DDT

Los datos para la variable de respuesta Altura de las plantas a los 75 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.20$ y homogeneidad de varianza $p = 0.09$). El ANOVA realizado para esta variable mostró diferencia estadística significativa ($p = 0.0173$) entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 18.70 (Anexo 5).

El tratamiento 5 reportó la mayor altura de plantas de fresa, con una media de 15.53 cm, difiriendo estadísticamente de los tratamientos 2 y 3 que evidenciaron las menores alturas, con 8.81 y 8.58 cm, sin encontrar diferencia significativa entre los dos tratamientos. En cambio, los tratamientos 8, 6, 7, 4 y 3 con medias de 14.32 cm, 14.04 cm, 13.51 cm, 12.61 cm y 12.38 cm respectivamente, no difirieron estadísticamente del tratamiento 5, registrado como el más idóneo para inducir crecimiento, pero, tampoco difirieron estadísticamente de los tratamientos 1 y 2 los cuales evidenciaron la menor altura de plantas de fresa a los 75 DDT (Figura 26, Cuadro 8).

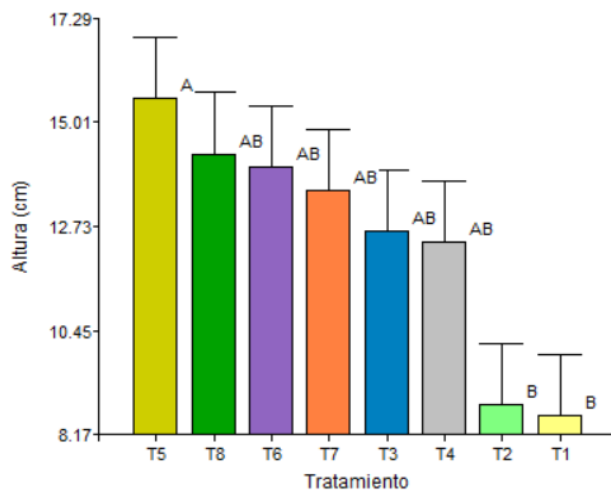


Figura 26. *Altura de la planta a los 75 días.*

7.2.6 Altura de la planta a los 90 DDT

Los datos registrados para la variable Altura de las plantas a los 90 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad ($p = 0.04$) y homogeneidad de varianza ($p = 0.21$). El ANOVA realizado para esta variable mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.0016$), con un coeficiente de variación de 17.51 (Anexo 6).

Las plantas de mayor altura se consiguieron con los tratamientos 5, 6, 8 y 7 los cuales presentaron las siguientes medias de 15.79, 15.53, 15.29 y 14.60 cm respectivamente, no evidenciando diferencias estadísticas significativas entre sí, pero si difirieron de los tratamientos 1 (8.06 cm) y 2 (8.58 cm), los cuales presentaron plantas de menor altura. El tratamiento 4, con una media de 11.97 cm y el tratamiento 3, con 11.58 cm, no difirieron estadísticamente de los tratamientos que presentaron plantas de mayor altura, pero si difieren de los tratamientos 1 y 2, los cuales presentaron las medias más bajas de altura de plantas de fresa (Figura 27, Cuadro 8).

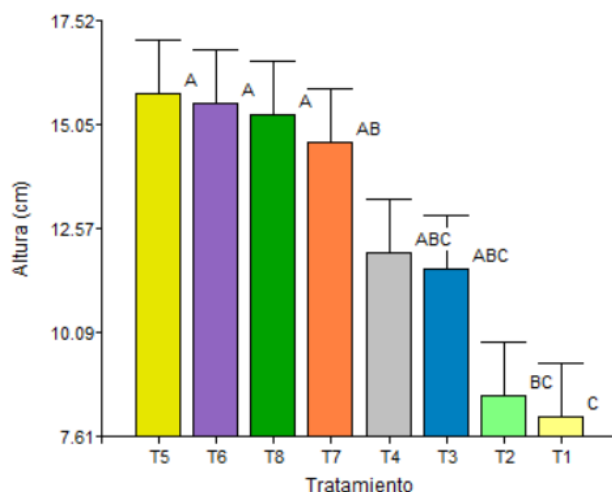


Figura 27. Altura de la planta a los 90 días.

Cuadro 8

Evaluación de la altura promedio registrado en plantas de fresa sometido a diferentes tratamientos a los 15,30, 45, 60, 75 y 90 DDT.

	15 DDT	30 DDT	45 DDT	60 DDT	75 DDT	90 DDT
T1	3.72 a	4.90 c	5.77 a	8.47 c	8.58 b	8.06 c
T2	4.07 a	5.90 abc	6.65 a	9.14 bc	8.81 b	8.58 bc
T3	3.60 a	5.58 bc	7.36 a	11.42 abc	12.61 ab	11.58 abc
T4	3.70 a	6.66 abc	7.78 a	11.71 abc	12.38 ab	11.97 abc
T5	3.92 a	6.55 abc	8.94 a	14.29 a	15.53 a	15.79 a
T6	3.93 a	7.92 a	9.44 a	13.83 ab	14.04 ab	15.53 a
T7	4.41 a	5.98 abc	7.38 a	12.38 abc	13.51 ab	14.60 ab
T8	4.44 a	7.77 ab	9.19 a	12.88 abc	14.32 ab	15.29 a

Nota. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

T1, sustrato comercial + microorganismos benéficos + Pellets de humus; T2, sustrato comercial + microorganismos benéficos; T3, sustrato comercial + Pellets de humus; T4, sustrato comercial; T5, turba con cascarilla de arroz + microorganismos benéficos +Pellets de humus, T6, turba con cascarilla de arroz + microorganismos; T7, turba con cascarilla de arroz + Pellets de humus y T8, turba con cascarilla de arroz.

7.3 Número de hojas

El número de hojas registradas en las plantas de fresa a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 DDT se muestra en la Figura 28. A los 15, 30 y 45 DDT los ocho tratamientos evaluados mostraron un comportamiento similar en la generación de hojas. Alcanzado los 60, 75 y 90 DDT, se observó que los tratamientos 1 y 2 muestran un menor número de hojas en comparación con los demás tratamientos evaluados. A los 90 DDT, se pudo apreciar que los tratamientos 5, 6, 7 y 8 generaron un mayor número de hojas, sobreponiéndose ante los tratamientos 3 y 4 (Figura 28).

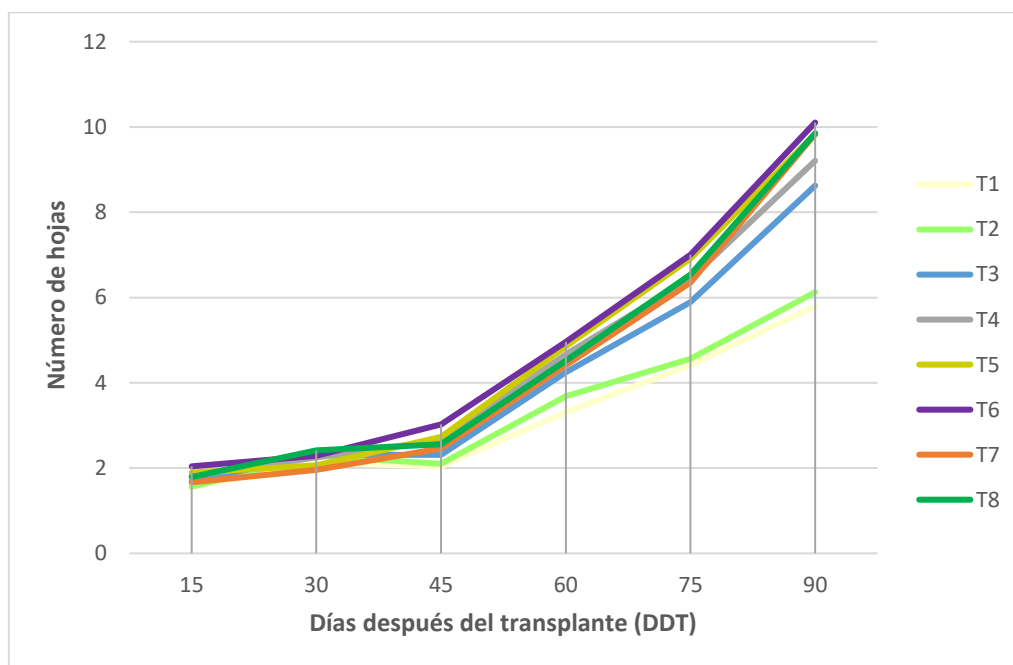


Figura 28. Análisis de comportamiento de número de hojas de las plantas a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 DDT.

7.3.1 Número de hojas a los 15 DDT

Los datos registrados para la variable de respuesta número de hojas a los 15 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.27$). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.1611$), el coeficiente de variación fue de 12.31 (Anexo 7), ver Figura 29 y Cuadro 9.

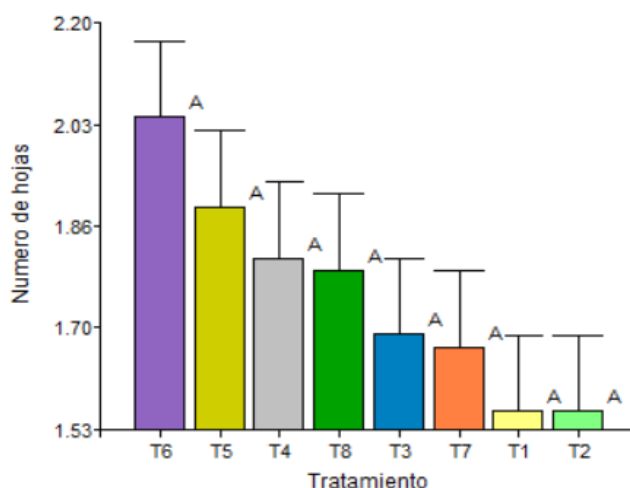


Figura 29. Número de hojas a los 15 días.

7.3.2 Número de hojas a los 30 DDT

Los datos registrados para la variable de respuesta número de hojas a los 30 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.30$). El ANOVA generado para esta variable de respuesta a los 30 DDT no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.5296$), con un coeficiente de variación de 12.48 (Anexo 8), ver Figura 30.

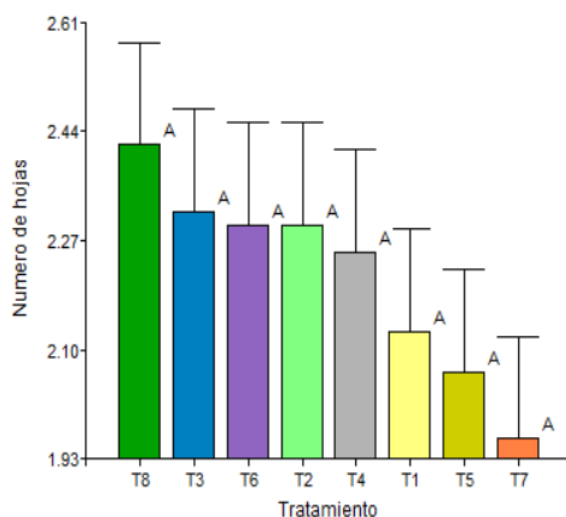


Figura 30. Número de hojas a los 30 días.

7.3.3 Número de hojas a los 45 DDT

Los datos registrados para la variable de respuesta número de hojas a los 45 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p =$

0.27). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.1155$), el coeficiente de variación fue de 16.06 (Anexo 9), ver Figura 31.

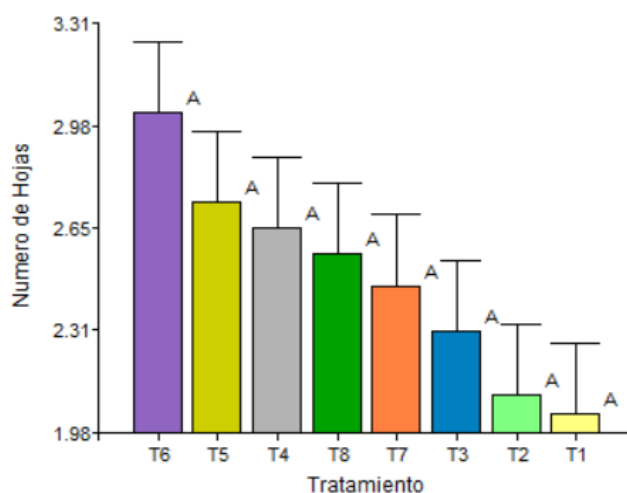


Figura 31. Número de hojas a los 45 días.

7.3.4 Número de hojas a los 60 DDT

Los datos registrados para la variable de respuesta número de hojas a los 60 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.31$). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.0804$), con un coeficiente de variación de 15.07 (Anexo 10), ver Figura 32.

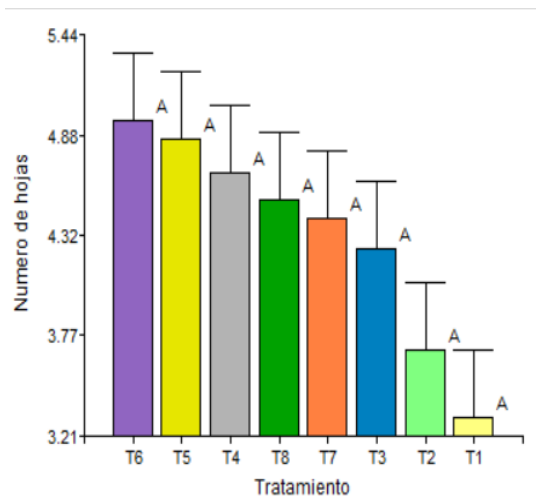


Figura 32. *Número de hojas a los 60 días.*

7.3.5 Número de hojas a los 75 DDT

Los datos registrados para la variable de respuesta número de hojas a los 75 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.27$). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.0883$), con un coeficiente de variación de 19.37 (Anexo 11), ver Figura 33.

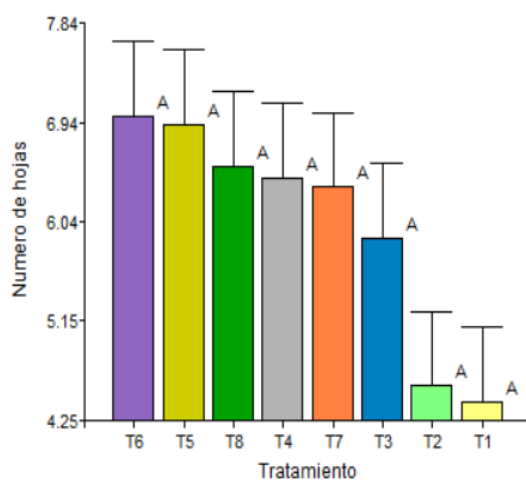


Figura 33. Número de hojas a los 75 días.

7.3.6 Número de hojas a los 90 DDT

Los datos registrados para la variable de respuesta número de hojas a los 90 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.27$). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.0414$), con un coeficiente de variación de 20.76 (Anexo 12), ver Figura 34 y Cuadro 9.

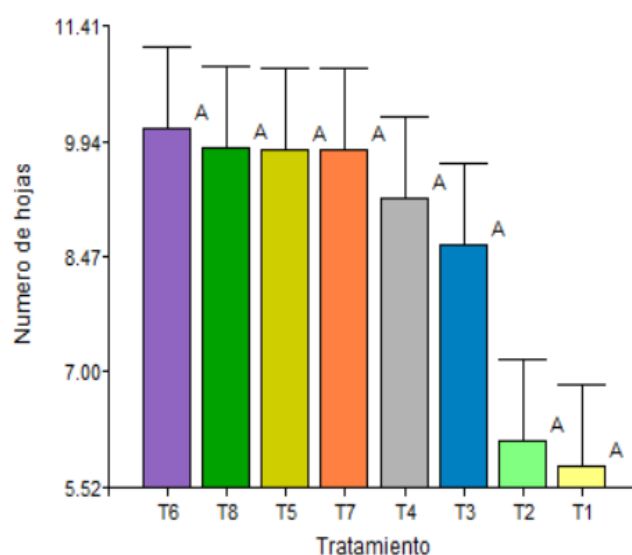


Figura 34. Número de hojas a los 90 días.

Cuadro 9

Evaluación de número de hojas promedio registrada en plantas de fresa sometido a diferentes tratamientos a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 DDT.

	15 DDT	30 DDT	45 DDT	60 DDT	75 DDT	90 DDT
T1	1.56 a	2.13 a	2.04 a	3.31 a	4.42 a	5.79 a
T2	1.56 a	2.29 a	2.10 a	3.69 a	4.56 a	6.13 a
T3	1.69 a	2.31 a	2.31 a	4.25 a	5.90 a	8.63 a
T4	1.81 a	2.25 a	2.65 a	4.67 a	6.44 a	9.21 a
T5	1.90 a	2.06 a	2.73 a	4.85 a	6.92 a	9.83 a
T6	2.04 a	2.29 a	3.02 a	4.96 a	7.00 a	10.10 a
T7	1.67 a	1.96 a	2.46 a	4.42 a	6.35 a	9.83 a
T8	1.79 a	2.42 a	2.56 a	4.58 a	6.54 a	9.85 a

Nota. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

T1, sustrato comercial + microorganismos benéficos + Pellets de humus; T2, sustrato comercial + microorganismos benéficos; T3, sustrato comercial + Pellets de humus; T4, sustrato comercial; T5, turba con cascarilla de arroz + microorganismos benéficos + Pellets de humus, T6, turba con cascarilla de arroz + microorganismos; T7, turba con cascarilla de arroz + Pellets de humus y T8, turba con cascarilla de arroz.

7.4 Número de estolones de las plantas

La media registrada para la variable número de estolones en plantas de fresa a los 45, 60, 75 y 90 DDT se muestra en la Figura 34. A los 45 DDT, el tratamiento 6 evidenció el mayor promedio de 0.35 estolones en comparación con los tratamientos 1 y dos que registró una media de 0.02 estolones, esta misma tendencia se observó a los 60 y 75 DDT. En cambio, a los 90 DDT el tratamiento 5 registró el mayor número de estolones con una

media de 3.17, seguido del tratamiento 6, con 2.88 y los menores promedios se reportó con los tratamientos 2 y 1 con medias de 0.83 y 0.56 respectivamente (Figura 35).

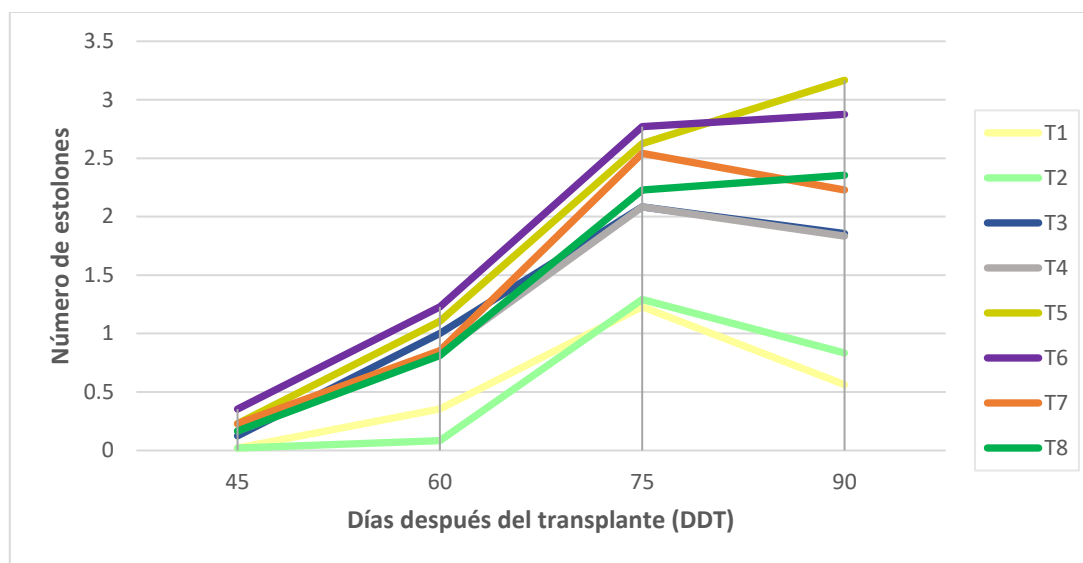


Figura 35. Análisis del comportamiento de número de estolones de las plantas a los 45, 60, 75 y 90 DDT.

7.4.1 Número de estolones a los 45 días

Los datos registrados para la variable de respuesta número de estolones a los 45 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.34$). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.0660$), con un coeficiente de variación de 75.39 (Anexo 13), ver Figura 36.

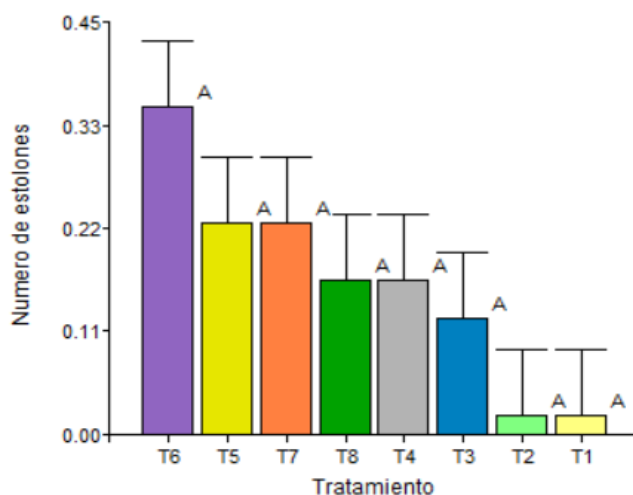


Figura 36. Número de estolones a los 45 días.

7.4.2 Número de estolones a los 60 días

Los datos para la variable de respuesta número de estolones a los 60 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.97$ y homogeneidad de varianza $p = 0.07$). El ANOVA realizado para esta variable mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.0139$), con un coeficiente de variación de 43.94 (Anexo 14).

El mayor número de estolones se registró con el tratamiento 6, con una media de 1.29, seguido del tratamiento 5 con una media de 1.10 estolones, no evidenciando diferencia estadística significativa entre los dos tratamientos, pero sí difirió estadísticamente del tratamiento 2, quien registró el menor promedio de estolones con 0,08. Los tratamientos 3, 7, 4, 8 y 1 expusieron medias de 1.00, 0.85, 0.85, 0.83 y 0.81 respectivamente, no difiriendo estadísticamente entre sí, ni con el tratamiento 5, registrado como el más adecuado para inducir el mayor número de estolones, de igual manera, estos tratamientos no difirieron estadísticamente del tratamiento 2, registrado como el menos idóneo para inducir estolones en plantas de fresa a los 60 DDT (Figura 37, Cuadro 10).

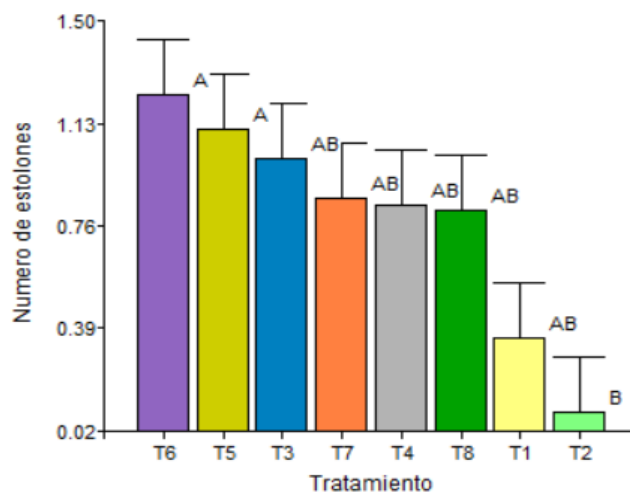


Figura 37. Número de estolones a los 60 días.

7.4.3 Número de estolones a los 75 DDT

Los datos registrados para la variable de respuesta número de estolones a los 75 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.656$). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.0550$), con un coeficiente de variación de 29.64 (Anexo 15), ver Figura 38.

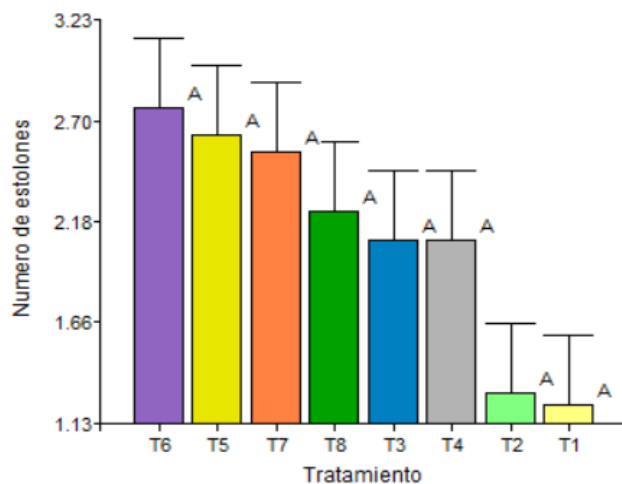


Figura 38. Número de estolones a los 75 días.

7.4.4 Número de estolones a los 90 DDT

Los datos para la variable de respuesta número de estolones a los 90 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.85$ y homogeneidad de varianza $p = 0.09$). El ANOVA realizado para esta variable mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.0010$), con un coeficiente de variación de 31.53 (Anexo 16).

El mayor número de estolones se registró con el tratamiento 5, con una media de 3.17, seguido del tratamiento 6 con una media de 2.88 estolones, no evidenciando diferencia estadística significativa entre sí, pero sí difirieron estadísticamente del tratamiento 1, mismo que presentó el menor promedio de estolones 0,56. Los tratamientos 8, 7, 3 y 4 exhibieron medias de 2.35, 2.23, 1.85 y 1.83 consecutivamente, no difiriendo estadísticamente entre sí, ni con los anotado anteriormente como mejores tratamientos. Finalmente, el tratamiento 2 con una media de 0.83, no difirió estadísticamente del tratamiento 1, 4, 3 y 7, lo que indica que estos tratamientos son los menos adecuados para inducir estolones en plantas de fresa (Figura 39; Cuadro 10).

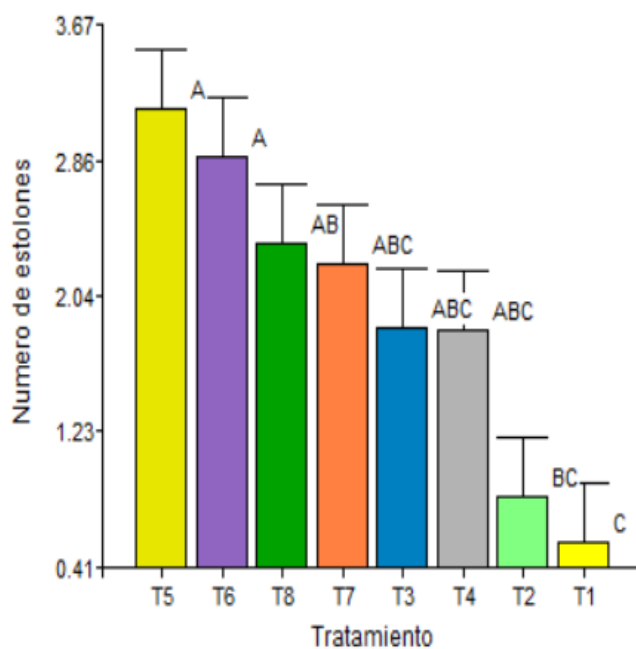


Figura 39. Número de estolones a los 90 días

Cuadro 10

Evaluación del número de estolones promedio registrada en plantas de fresa sometido a diferentes tratamientos a los 45, 60, 75 y 90 DDT.

	45 DDT	60 DDT	75 DDT	90 DDT
T1	0.02 a	0.35 ab	1.23 a	0.56 c
T2	0.02 a	0.08 b	1.29 a	0.83 bc
T3	0.13 a	1.00 ab	2.08 a	1.85 abc
T4	0.17 a	0.83 ab	2.08 a	1.83 abc
T5	0.23 a	1.10 a	2.63 a	3.17 a
T6	0.35 a	1.23 a	2.77 a	2.88 a
T7	0.23 a	0.85 ab	2.54 a	2.23 abc
T8	0.17 a	0.81 ab	2.23 a	2.35 ab

Nota. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

T1, sustrato comercial + microorganismos benéficos + Pellets de humus; T2, sustrato

comercial + microorganismos benéficos; T3, sustrato comercial + Pellets de humus; T4, sustrato comercial; T5, turba con cascarilla de arroz + microorganismos benéficos +Pellets de humus, T6, turba con cascarilla de arroz + microorganismos; T7, turba con cascarilla de arroz + Pellets de humus y T8, turba con cascarilla de arroz.

7.4.5 Número de flores

En la figura 38, se puede observar el número de flores registradas en los 8 tratamientos evaluados, a los 60, 75 y 90 DDT. Todos los tratamientos evaluados generaron un similar número de flores a los 60 DDT. Transcurrido los 75 DDT, el mayor número de flores se observó en el tratamiento 8 y el menor número de flores se evidenció con el tratamiento 3. Finalmente, a los 90 DDT, se observó una tendencia similar, el mayor número de flores se obtuvo con los tratamientos 8, 2 y 1, en cambio, el menor número de flores se reportó con los tratamientos 3 y 6 (Figura 40).

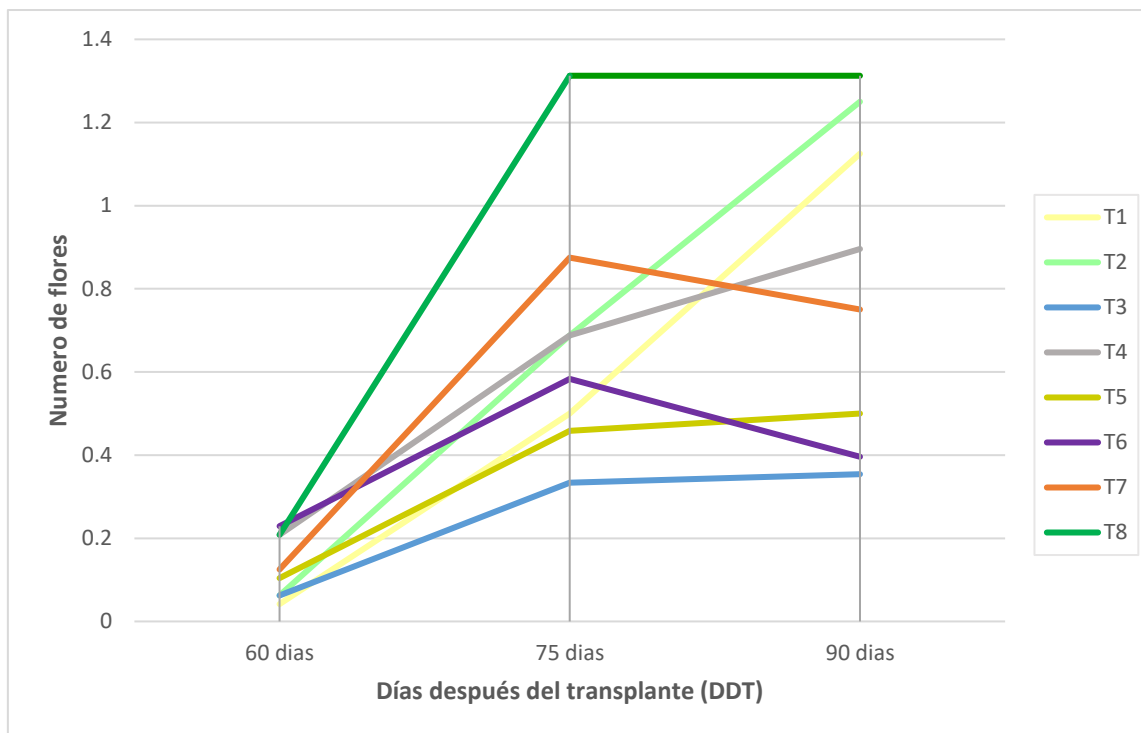


Figura 40. Número de flores desde los 60 a 90 DDT.

7.4.6 Número de flores a los 60 DDT

Los datos registrados para la variable de respuesta número de flores a los 60 DDT no cumplió normalidad, por ellos se realizó transformación de los datos (\sqrt{x}) para cumplir con este supuesto. El ANOVA realizado con los datos transformados no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.6708$), con un coeficiente de variación de 119.60 (Anexo 17), ver Figura 41.

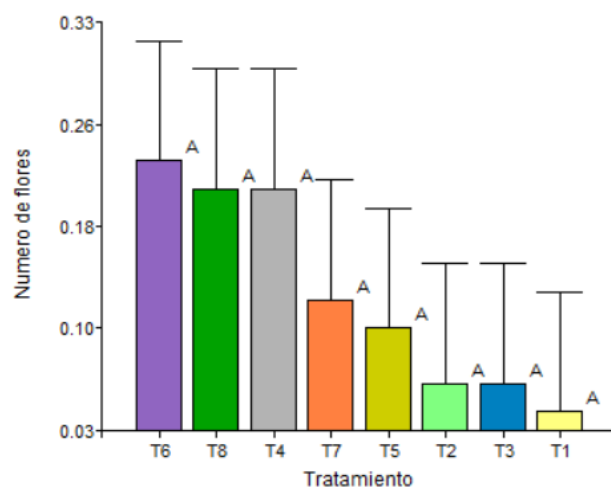


Figura 41. *Número de flores a los 75 días.*

7.4.7 Número de flores a los 75 DDT

Los datos registrados para la variable de respuesta número de flores a los 75 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.888$). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.278$), con un coeficiente de variación de 65.99 (Anexo 18), ver Figura 42.

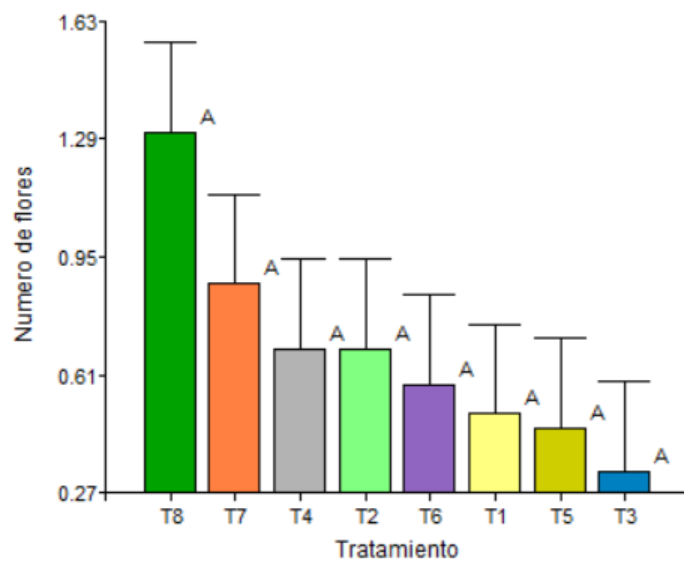


Figura 42. Número de flores a los 75 días.

7.4.8 Número de flores a los 90 DDT

Los datos registrados para la variable de respuesta número de flores a los 90 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.28$). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.0757$), con un coeficiente de variación de 52.82 (Anexo 19), ver Figura 43 y cuadro 11.

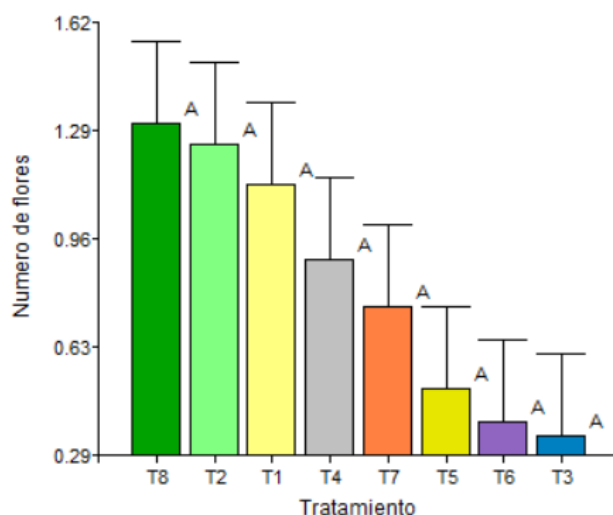


Figura 43. Número de flores a los 90 días.

Cuadro 11

Evaluación del número de flores promedio registrada en plantas de fresa sometido a diferentes tratamientos a los 60, 75 y 90 DDT.

	60 DDT	75 DDT	90 DDT
T1	0.04 a	0.50 a	1.13 a
T2	0.06 a	0.69 a	1.25 a
T3	0.06 a	0.33 a	0.35 a
T4	0.21 a	0.69 a	0.90 a
T5	0.10 a	0.46 a	0.50 a
T6	0.23 a	0.58 a	0.40 a
T7	0.13 a	0.88 a	0.75 a
T8	0.21 a	1.31 a	1.31 a

Nota. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

T1, sustrato comercial + microorganismos benéficos + Pellets de humus; T2, sustrato comercial + microorganismos benéficos; T3, sustrato comercial + Pellets de humus; T4, sustrato comercial; T5, turba con cascarilla de arroz + microorganismos benéficos

+Pellets de humus, T6, turba con cascarilla de arroz + microorganismos; T7, turba con cascarilla de arroz + Pellets de humus y T8, turba con cascarilla de arroz.

7.5 Sólidos solubles (°brix)

Los datos registrados para la variable de respuesta Sólidos solubles de la fresa, no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.27$). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.2105$), con un coeficiente de variación de 12.89 (Anexo 20). El mayor grado de sólidos solubles se reportó con el tratamiento T2, con una media de 13.00 °brix y el menor valor se registró con el tratamiento 5, con 10.17 °brix, ver Figura 44 y Cuadro 12.

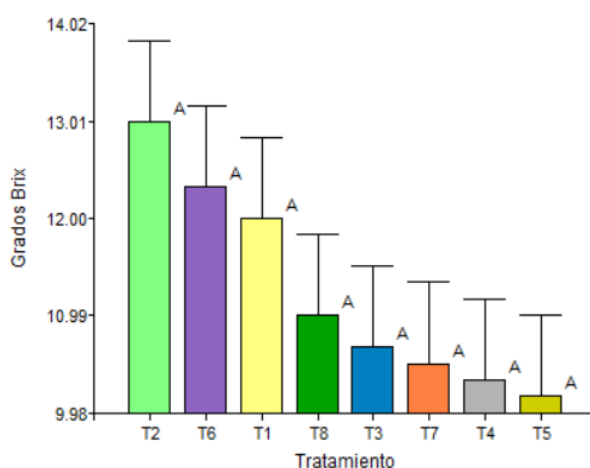


Figura 44. Sólidos solubles (°Brix)

Cuadro 12

Evaluación de Grados Brix promedio registrado en las plantas de fresa sometido a diferentes tratamientos.

Grados brix (°Bx)	
T1	12 a

T2	13 a
T3	10.67 a
T4	10.33 a
T5	10.17 a
T6	12.33 a
T7	10.50 a
T8	11.00 a

Nota. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

T1, sustrato comercial + microorganismos benéficos + Pellets de humus; T2, sustrato comercial + microorganismos benéficos; T3, sustrato comercial + Pellets de humus; T4, sustrato comercial; T5, turba con cascarilla de arroz + microorganismos benéficos + Pellets de humus, T6, turba con cascarilla de arroz + microorganismos; T7, turba con cascarilla de arroz + Pellets de humus y T8, turba con cascarilla de arroz.

7.6 Rendimiento por planta en gramos

Los datos registrados para la variable de respuesta rendimiento de la fresa no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.27$). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.1613$), con un coeficiente de variación de 61.73 (Anexo 21). Los mayores promedios de rendimiento se obtuvieron con el tratamiento T8, con 55.48 gramos, seguido del tratamiento 7 con 43.98 gramos, en cambio, el menor peso se registró con el tratamiento 3, con 11.02 gramos (Figura 45, Cuadro 13).

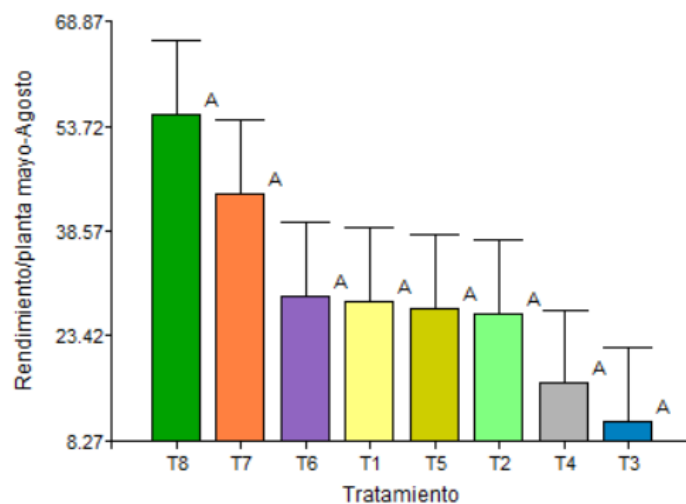


Figura 45. Rendimiento por planta (gr) desde el mes de mayo y agosto.

Cuadro 13

Evaluación de rendimiento por planta promedio registrado en plantas de fresa sometida a diferentes tratamientos en los meses de mayo-agosto.

	Gramos/planta
T1	28.35 a
T2	26.63 a
T3	11.02 a
T4	16.56 a
T5	27.44 a
T6	29.25 a
T7	43.98 a
T8	55.48 a

Nota. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

T1, sustrato comercial + microorganismos benéficos + Pellets de humus; T2, sustrato comercial + microorganismos benéficos; T3, sustrato comercial + Pellets de humus; T4, sustrato comercial; T5, turba con cascarilla de arroz + microorganismos benéficos

+Pellets de humus, T6, turba con cascarilla de arroz + microorganismos; T7, turba con cascarilla de arroz + Pellets de humus y T8, turba con cascarilla de arroz.

7.7 Necesidades hídricas en los sustratos

En la figura 38, se puede observar la humedad registrada en los dos tipos de sustratos usados en la presente investigación, a los 30, 45, 60, 75 y 90 DDT. Los dos tipos de sustratos presentaron una humedad similar a los primeros 30 DDT. Sin embargo, transcurrido los 45, 60, 75 y 90 DDT, se observa que el sustrato 2 presenta una mayor humedad, en comparación con el sustrato 1 (Figura 46).

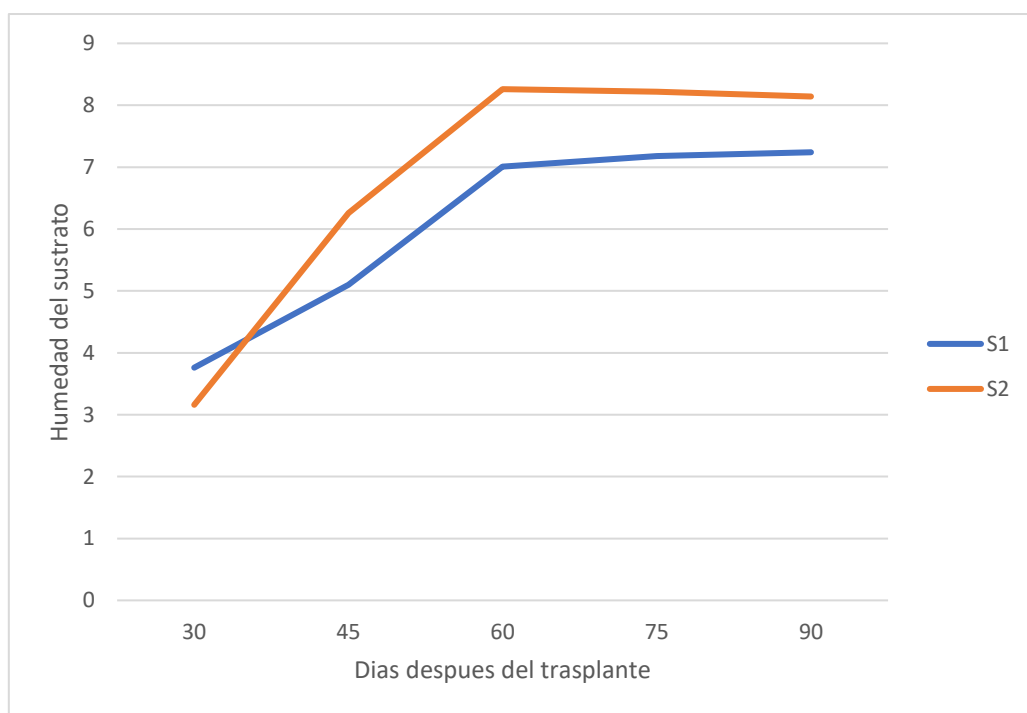


Figura 46. *Humedad del sustrato a los 30, 45, 60, 75 y 90 DDT.*

7.7.1 Humedad del sustrato a los 30 DDT

Los datos registrados para la variable Humedad del sustrato a los 30 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.456$). El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia estadística significativa entre

tratamientos ($p = 0.1284$), con un coeficiente de variación de 18.24 (Anexo 22), ver Figura 35 y Cuadro 14.

7.7.2 Humedad del sustrato a los 45 DDT

Los datos para la variable humedad del sustrato a los 45 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.0268$ y homogeneidad de varianza $p = 0.59$). El ANOVA realizado para esta variable mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p = 0.0006$), con un coeficiente de variación de 7.15 (Anexo 23).

El sustrato 2, mostró una mayor capacidad de retener el agua, con una media de 6.26, difiriendo estadísticamente del sustrato 1, que evidencio una media del 5.10 (figura 47, Cuadro 14).

7.7.3 Humedad del sustrato a los 60 DDT

Los datos para la variable humedad del sustrato a los 60 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.036$ y homogeneidad de varianza $p = 0.69$). El ANOVA realizado para esta variable mostró diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos ($p = <0.0001$), con un coeficiente de variación de 3.50 (Anexo 24).

La mayor capacidad de retención de agua se logró con el sustrato 2, con una media de 8.26, difiriendo estadísticamente del sustrato 1, que evidencio una media del 7.01 (Figura 47, cuadro 14). Estos niveles de humedad del sustrato son adecuados para el cultivo de fresa, evidenciando que los dos sustratos lograron retener la humedad de manera efectiva.

7.7.4 Humedad del sustrato a los 75 DDT

Los datos para la variable humedad del sustrato a los 60 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.158$ y

homogeneidad de varianza $p = 0.753$). El ANOVA realizado para esta variable mostró diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos ($p = 0.0001$), con un coeficiente de variación de 3.70 (Anexo 25).

A los 75 DDT, la mayor capacidad de retención de agua se logró con el sustrato 2, con una media de 8.22, difiriendo estadísticamente del sustrato 1, que evidencio una media del 7.18 (Figura 47, Cuadro 14).

7.7.5 Humedad del sustrato a los 90 DDT

Los datos para la variable humedad del sustrato a los 60 DDT no presentaron desviaciones severas de los supuestos de normalidad (normalidad $p = 0.013$ y homogeneidad de varianza $p = 0.09$). El ANOVA realizado para esta variable mostró diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos ($p = 0.0004$), con un coeficiente de variación de 3.87 (Anexo 26).

La mayor capacidad de retención de agua se logró con el sustrato 2, con una media de 8.14, difiriendo estadísticamente del sustrato 1, que evidencio una media del 7.24 (Figura 47, Cuadro 14).

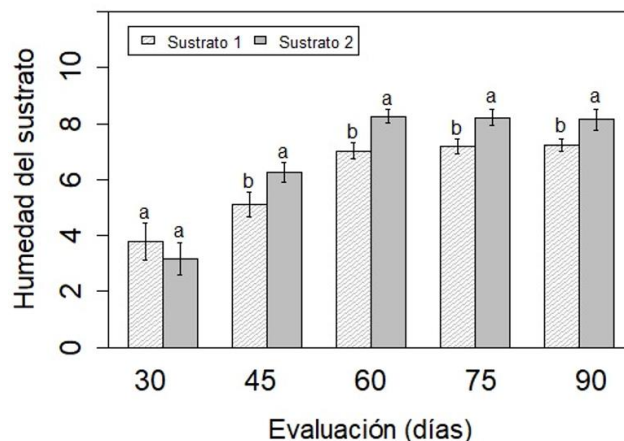


Figura 47. Evaluación de la humedad del sustrato a los 30, 45, 60, 75 y 90 DDT. Los resultados son expresados como promedio de los porcentajes \pm DS, $n = 6$. Tratamientos con una letra en común no difieren al 5%, de acuerdo con la prueba de DSH de Tukey.

Cuadro 14

Evaluación de la humedad del sustrato en los días 30, 45, 60, 75 y 90.

	30 DDT	45 DDT	60 DDT	75 DDT	90 DDT
S1	3,77 a	5,10 b	7,02 b	7,19 b	7,25 b
S2	3,16 a	6,27 a	8,27 a	8,23 a	8,14 a

Nota. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferente (Tukey, 0.05).

S1. Sustrato comercial (fibra de coco), S2. Sustrato (Turba y cascarilla de arroz).

7.8 PCA de los parámetros productivos de fresa en el sistema semi-hidroponico

En este modelo PCA (Análisis de componentes principales) están incluidos todos los parámetros productivos como son: número de hojas, numero de flores, numero de estolones, altura y rendimiento. En la figura 48 a. se ploteo dos dimensiones entre ellas están el eje x y el eje y. En el eje x se tiene un porcentaje del 60,9 %, mientras que en el eje y un 15%, sumando estos ejes nos da un 75.9% siendo un porcentaje bueno en nuestro grafico de las variables PCA. En este grafico también nos muestra el grado de contribución, esto nos indica cuales son las variables que más contribuyen en este modelo.

Como se puede ver los parámetros productivos que más contribuyen son el número de hojas, altura, número de estolones y rendimiento. Mientras que el parámetro número de flores es el que menos aporta.

En el gráfico 48 b. PCA individuales se puede observar que los datos desde los 15 a 60 días son datos similares entre ellos, esto se ve en la gráfica ya que los datos se ven agrupados. A los 75 y 90 días se ve una gran diferencia ya que los datos son valores diferenciados, y se puede ver que son datos dispersos en la gráfica.

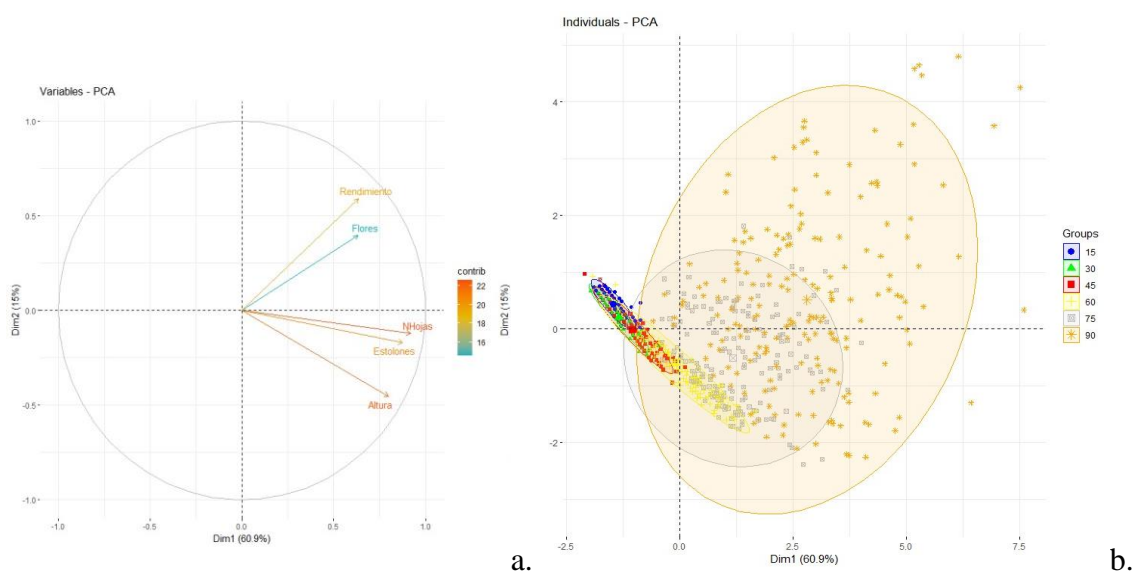


Figura 48. *a. Variables PCA, b. Individuales PCA.*

7.9 Modelo lineal

En figura 49. Se muestra el modelo lineal donde se comparan dos variables: el rendimiento y el número de las flores, donde se encuentra una variación significativa. Se puede observar en la gráfica que a medida que aumenta el número de flores, obtenemos un mayor rendimiento.

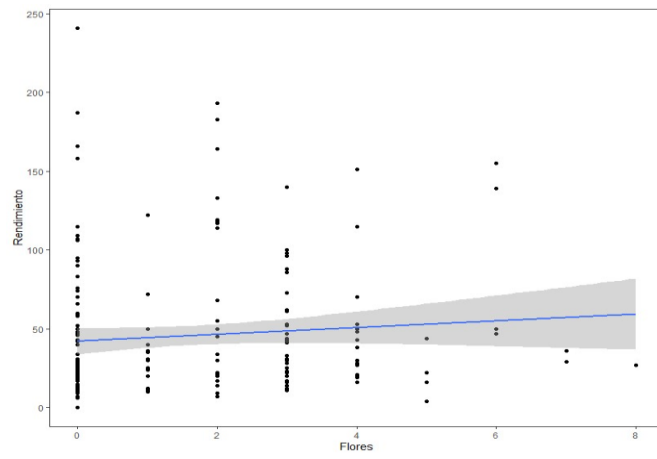


Figura 49. *Modelo lineal del rendimiento de la fresa.*

8. DISCUSIÓN

El sustrato sólido es la base de todo cultivo semi-hidropónico, este elemento debe presentar algunas características fundamentales como, buena retención de agua (20 al 60%) y aire (15 al 35%), ser química y biológicamente inerte y de bajo costo (Calderón 2011). Al evaluar el factor tipo de sustrato en la presente investigación se determinó que los mayores promedios de altura de plantas, número de estolones, número de hojas, número de flores y rendimiento de frutos se registra al usar sustrato a base de turba con cascarilla de arroz. Estos resultados pueden estar atribuidos a que dicho sustrato evidencia mayor retención de humedad del suelo, cumpliendo satisfactoriamente con algunas funciones importantes como son la de sostén de la planta y protección radicular (Mejía., 2017).

Existen diversos estudios donde evidencian que el sustrato a base de turba favorece al crecimiento, desarrollo y producción de la fresa. En este sentido, El-Sayed y Hassan, (2016) al evaluar tres tipos de sustratos en el cultivo de fresa usando un sistema semi-hidropónico, los cuales estaban compuestos por M1 (perlita y turba), M2 (perlita y vermicompost) y M3 (perlita y abono vegetal), reportan que el sustrato M1 (perlita y turba) incremento la altura y el número de hojas, concomitante a nuestros resultados al usar turba como sustrato. De igual manera, en el estudio de Raja et al., (2019) probaron diferentes tipos de sustratos en diferentes proporciones, donde el sustrato S8 (turba y vermiculita) con una porción de 50:50 registra mayor número de hojas, a su vez el sustrato S15 (Turba, perlita y vermiculita) con una porción de 50:25:25, tuvo la máxima altura en las plantas de fresa.

De igual manera, Mejía (2017) al evaluar tres variedades de fresa (*Fragaria vesca*), sometidas a tres sustratos, mediante sistema semi-hidropónico reporta haber incrementado el rendimiento de frutos por planta de fresa al usar sustrato a base de turba

+ cascarilla + humos. Así también, Otuna (2012) al estudiar el rendimiento de la fresa, utilizando diferentes tipos de sustratos, reportan conseguir un incremento del rendimiento al usar como sustrato arena de río, turba y bagazo de caña, con una media de 118,61 g/planta. Esto puede deberse a que la turba presenta una alta capacidad para retener el agua y regular de pH, lo que permite una mayor asimilación y aprovechamiento de los nutrientes (Martínez et al., 2004); (Mejía Chiriboga, 2017).

Se conoce que la cascarilla de arroz es uno de los sustratos de origen orgánico, de baja tasa de descomposición por su alto contenido de sílice, es el material más utilizado en cuanto a la actividad agrícola debido a su bajo costo y de fácil alcance (Quintero, González, & Guzmán, 2011). Una de las características físicas principales de este sustrato es que presenta una elevada porosidad y aireación lo cual beneficia al desarrollo de raicillas y pelos absorbentes (Garcés, 2022), condición que puede favorecer a un correcto incremento de biomas, tal como se observa en la presente investigación. La cascarilla de arroz tiene conductividad hidráulica elevada, pH neutro y baja capacidad de retención de humedad, para mejorar las propiedades físicas y químicas, especialmente para aumentar la retención de humedad, se debe mezclar con otros sustratos, tal como la turba (Quintero, González, & Guzmán, 2011); (López 2019).

En cuanto a la variable número de estolones, Ameri et al., (2012) consiguen un incremento de esta variable al usar sustrato compuesto por Vermicompost 25%, perlita 35% y turba de coco 40%. De igual manera, Molina et al., (2020) al evaluar el cultivo de fresa (*Fragaria spp*) bajo sistema semi-hidroponico y tradicional, usando dos sustratos, reportan haber conseguido un mayor número de estolones en el sistema tradicional, con una media de 1.80, seguido del sistema semi-hidroponico usando sustrato a base de cascarilla de arroz, lombrihumus y piedra pómez, con una media de 0.80 estolones, resultados similares a los reportados en esta investigación al usar turba con cascarilla de

arroz. En cambio, Mamani Fernández, (2015) al estudiar la producción de fresa en un sistema hidropónicos con diferentes proporciones de sustratos y diferentes concentraciones de soluciones nutritivas, reportan que plantas sembradas en sustrato a base de cascarilla 70% y arena 30% presentan un mayor número de flores con un promedio de 20 flores por planta, estos hallazgos no concuerda con lo registrado en la presente investigación, ya que los tratamientos no difirieron estadísticamente para esta variable en estudio.

En discordancia con los resultados obtenidos con respecto a la variable de respuesta solidos solubles, Morales Lasso, (2022) reportan producir fruta con mayor ° Brix (9.24 °) al usar turba como sustrato S1 (turba), en comparación de la cascarilla de arroz, con una media de 6.45 ° Brix. Así también, en el estudio de Ruales Reyes, (2020) se reporta que usar sustrato 50% cascarilla de arroz y 50% corteza de pino incrementa los sólidos solubles, con una media de 9,46 ° Brix, al evaluar el segundo ciclo de producción de frutilla en un sistema hidropónico con dos sustratos. Estas investigaciones no concuerdan con nuestro estudio ya que se presentaron valores de 13° brix en el tratamiento T2, que se basa del sustrato comercial con la aplicación de microorganismos benéficos siendo el valor con mayor grados brix.

La inoculación del suelo o sustrato con MOBs presenta grandes efectos positivos en los cultivos de varias especies de interés económico, esta táctica incrementa la resistencia y tolerancia a factores bióticos y abióticos, permite una mayor asimilación de nutrientes, lo que se traduce en un mayor crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas (Álvarez et al., 2018). En esta investigación la aplicación de microorganismos benéficos al sustrato no incremento significativamente la altura de la planta y el número de estolones en comparación con solo usar sustrato de turba con cascarilla de arroz. Estos resultados no concuerdan con lo reportado por Álvarez et al., (2018) al evaluar el efecto

de los microorganismos benéficos de tres pisos altitudinales diferentes en el cultivo de fresa, revelando que hay un aumento significativo en el número de hojas en la planta, al mismo tiempo favoreció en el desarrollo del sistema radical.

El adecuado manejo del sustrato es importante para el crecimiento de las plantas, así mismo la capacidad de retención de humedad juega un papel crucial. Es así como (Cabrera, 1999), menciona que el sustrato debe tener una capacidad de retención de agua del 55 al 70 %, para ser un sustrato ideal. En nuestra investigación a los 90 días se presentaron en el sustrato S1 (fibra de coco) humedades de 7.25 y en el sustrato S2 (turba y cascarilla de arroz) una humedad de 8.14, siendo superior el sustrato S2, cabe recalcar que este tensiómetro no da un porcentaje de la humedad, sino solo un rango del 1 al 10, por lo que se interpreta que 1 representa un 10% y 10 el 100% de humedad. En el estudio de (Zaragoza Nieto, 2013) probaron diferentes sistemas de producción de fresa, en donde el sustrato turba obtuvo la mayor eficiencia en lo que respecta el uso de agua. Por otro lado, en el estudio de (Licea Morales, 2014) probó diferentes tipos de sustratos en el cultivo de fresa, donde el sustrato que hubo una mayor retención de humedad fue en el sustrato turba con valores de 77.45 %, seguido del sustrato fibra de coco con un porcentaje de 72.24%.

9. CONCLUSIONES

- El cultivo semi-hidropónico de fresa responde de forma positiva a la utilización del sustrato (turba y cascarilla de arroz) y aplicación de Microorganismos benéficos y de pellets de humus.
- Para la variable rendimiento en gramos por planta no hay diferencia estadística, el tratamiento T8 compuesto por turba y cascarilla de arroz presentó los más altos rendimientos de producción con un promedio de 55.47 gramos por planta, en comparación a los demás tratamientos. Además, la adición de microorganismos benéficos y pellets de humus influenciaron en las variables de altura, número de hojas, estolones y flores. En cuanto, a los grados brix mostró que el tratamiento T1 conformado por sustrato comercial con la aplicación de microorganismos benéficos obtuvo la mayor concentración con un promedio de 13° brix.
- Con relación a la variable necesidades hídricas, se observó que el sustrato conformado por turba y cascarilla de arroz proporciono una mayor retención de la humedad, óptimo para el cultivo semi-hidroponico de fresa.

10. RECOMENDACIONES

- Para la producción de frutilla en un sistema semi hidropónico se recomienda el uso de un sustrato a base de turba y cascarilla de arroz, considerando que es el sustrato más adecuado, al generar resultados favorables en el aspecto productivo.

- Estos métodos de producción de fresa en sistemas semi-hidropónicos es una opción atractiva para los agricultores que buscan practicas sostenibles, considerándose fáciles de implementar y un accesible manejo de la nutrición de la planta, teniendo resultados beneficiosos para el crecimiento de la planta, rendimiento, a su vez siendo uno de los sistemas más responsable con el medio ambiente.

- Se recomienda adicionar microorganismos benéficos en el cultivo semi hidropónico de fresa, para inducir mayor resistencia y tolerancia a plagas y enfermedades. Además, se debe realizar un estudio de costo/beneficio a la hora de suplementar con microorganismos benéficos y pellets de humos.

- Se recomienda estudiar la aplicación de Bioinsumos a base de hongos micorrícicos ya sea solido o líquido para incrementar la sanidad de plantas, así como su rendimiento.

11. REFERENCIAS

- Álvarez, M., Tucta, F., Quispe, E., & Meza, V. (2018). Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.). *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 33–42. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.04>
- Ameri, S., Tehranifar, A., Shoor, M., & Davarynejad, G. (2012). Effect of substrate and cultivar on growth characteristic of strawberry in soilless culture system. *African Journal of Biotechnology*, 11(56), 11960-11966. https://www.researchgate.net/publication/265948539_Effect_of_substrate_and_cultivar_on_growth_characteristic_of_strawberry_in_soilless_culture_system
- Arrellano, E. (2020). *Producción y comercialización de frutilla (Fragaria sp) en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura* [Tesis pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Archivo digital. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10527>
- Aguilar Freile, R. C. (2018). *Evaluación del efecto de un extracto de cáscara verde de banano (Musa paradisiaca) para el control de Botrytis cinerea en frutilla (Fragaria vesca) y rosa (Rosa sp.)* [Tesis pregrado, Universidad de las Américas, Quito]. Archivo digital. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/8986>
- Aguilera Peña, R. (2020). *Hidroponía una oportunidad para la seguridad alimentaria de comunidades rurales. Desarrollo Local Sostenible*, 13(36). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7542538>
- Beltrano, J., & Gimenez, D. O. (2015). Historia de la hidroponía. *Cultivo en hidroponía* (pp. 1-181). Universidad Nacional de la Plata (EDULP) <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46752>

- Benavides, Á., Cisne, J., Morán, J. C., & Duarte, H. A. (2022). *Producción orgánica de fresa (Fragaria spp.), las Sabanas Madriz, Nicaragua*. (pp. 1-42). Dirección de Investigación, Extensión y Postgrado (DIEP). <https://cenida.una.edu.ni/documentos/NF62B456.pdf>
- Bonet Gigante, J. (2010). *Desarrollo y caracterización de herramientas genómicas en fragaria diploide para la mejora del cultivo de fresa*. [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona]. Archivo digital. <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/42009/jbg1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Borja Rengifo, E. V. (2010). *Estudio de la conservación de fresas (fragaria vesca) mediante tratamientos térmicos* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato] Archivo digital. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/865/1/AL427%20Ref.%203273.pdf>
- Bracho, J., Pierre, F., & Quiroz, A. (2009). *Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado Lara, Venezuela*, 21(2), 117-124. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612009000200006&lng=es&tlng=es.
- Burés Pastor, S. (2002). *Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas*. Extra. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_hortint/hortint_2002_E_70_79BIS.pdf
- Cadena Morocho, J. M. (2022). *Producción de fresa (Fragaria x ananassa), expuesta a deficiencia de magnesio en un sistema semi hidropónico*. [Tesis de pregrado,

Universidad de las Fuerzas Armadas.]. Archivo digital.

https://rraae.cedia.edu.ec/Record/ESPE_d3537b02694491e962e03b7d3ec27a44

Cabrera, R. I. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustrato de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Chapingo Serie Horticulture*, 5(1), 5-10.
<https://revistas.chapingo.mx/horticultura/?section=articles&subsec=issues&numero=72&articulo=741>.

Carrillo García, E. N. (2018). *Producción de arándano hidropónico en sustrato orgánico e inorgánico*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nayarit]. Archivo digital.
http://dspace.uan.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/2300/1/PRODUCCI%C3%93N%20DE%20ARANDANO%20HIDROP%C3%93NICO%20EN%20SUSTRATO%20C3%93RGANICO%20E%20INORG%C3%81NICO_compressed%20%281%29%20%282%29.pdf

Coronado H, M., Vega y León, S., Gutiérrez T, R., Vázquez F, M., & Radilla V, C. (2015). *Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana*, 42(2), 206-212.
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182015000200014&lng=es.

CCB. (2015). *Manual Fresa*. Cámara de Comercio de Bogotá.
<https://bibliotecadigital.ccb.org.co/server/api/core/bitstreams/0b48d772-4858-4a9a-8809-641a22870f6e/content>

Chiqui C, F. A., & Lema C, M. L. (2010). *Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (Fragaria sp) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacio, Cantón Cuenca* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. Archivo digital. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4745>

- Criollo Guamán, D. F. (2022). *Comparación del desarrollo del cultivo de fresa (Fragaria x ananassa), entre dos tipos de invernadero (tradicional y automatizado), desde el trasplante hasta la primera cosecha*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Archivo digital. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/39652/4/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>
- Cruz Crespo, E., Can Chulim, A., Sandoval Villa, M., Bugarín Montoya, R., Robles Bermúdez, A., & Juárez López, P. (2012). Sustratos en la horticultura. *Bio Ciencias*, 2(2), 17-26. <https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/31/29>
- Encalada Aldaz, J. E. (2020). *Evaluación de tres soluciones nutritivas en el rendimiento y calidad de dos variedades de Fragaria x ananassa "fresa" en un sistema semihidropónico*. [Tesis de pregrado, Universidad de Fuerzas Armadas]. Archivo Digital. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/24771>
- El-Sayed, S. F., & Hassan, H. (2016). Effect of substrate mixtures and nutrient solutions sources on strawberry plants under closed hydroponic system. *J. Product. & Dev*, 21(1), 97-115. https://www.researchgate.net/publication/315614898_EFFECT_OF_SUBSTRATE_MIXTURES_AND_NUTRIENT_SOLUTION_SOURCES_ON_STRAWBERRY_PLANTS_UNDER_CLOSED_HYDROPONIC_SYSTEM
- France Iglesias, A., Zschau Villagrán, B., Céspedes León, C., Sanhueza, J. R., Bahamondes Urzúa, K., Gerding Paris, M., Legarraga Duchesne, M., Carrasco Carrasco, V., & Villagran Díaz, V. (2012). *Frutilla, consideraciones productivas y manejo*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7561/NR38766.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

Instituto Nacional de Normas Técnicas. (1997). *Norma Técnica Colombiana NTC 4103*.
Infoagro. (2017). *Tipos de sustratos de cultivo*. <https://mexico.infoagro.com/tipos-de-sustratos-de-cultivo/>

Inga Aguagallo, C. D. (2021). *Evaluación de cuatro variedades de frutilla (Fragaria x ananassa Duch) en dos sistemas semi hidropónicos*. [Tesis de pregrado, Escuela superior politécnica de Chimborazo]. Archivo digital. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16546/1/13T00978.pdf>

ITSC. (2018). *Manual de producción de fresa en Coalcomán Michoacán*. Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán. <https://www.itscoalcoman.edu.mx/content/descargas/vinculacion/MANUAL PARA CULTIVO DE FRESA EN COALCOMAN.pdf>

Kirschbaum, D. S. (2020). Características botánicas, fisiología y tipos de variedades de fresas. *SPE3(España)*, 103-116. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/12068/INTA_CRTucuman-Santiago_EEAFamaila_Kirschbaum_DS_Fresa_Caracteristicas_botanicas_variedades.pdf?sequence=4&isAllowed=y#:~:text=Las%20fresas%20y%20especies%20relacionadas,subtribu%20Fragariinae%2C%20g%C3%A9nero%20Fragaria%20L.

Kirschbaum, D. S. (2021). Manejo, recolección y calidad de la fresa. *ResearchGate*, 117-157. https://www.researchgate.net/publication/356253807_Manejo_recoleccion_y_calidad_de_la_fresa

- Kumar, B. L., & Gopal, D. V. R. S. (2015). Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. *3 Biotech*, *5*, 867–876. <https://doi.org/10.1007/s13205-015-0293-6>
- Licea Morales, P. J. (2014). *Uso de sustratos en dos cultivares de fresa (Fragaria x ananassa Duch.)*. [Tesis de Maestro en Ciencias en Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo]. Archivo digital. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/a053d499-058a-4020-868e-07e0293628b4/content>
- Llumiquinga Quishpe, P. A. (2017). *Evaluación de fertilización mineral y órgano/mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla Fragaria x ananassa (Weston) Duchesne; variedad Albión*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Archivo digital. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/12099856-17fc-4a26-9592-8ec1eef9ca9a>
- López Lluma, D. A. (2019). *Efecto de los sustratos de cascarilla de arroz quemado al 50 y 75 % en el rendimiento de tres variedades de alhelí (Matthiola incana B.) en invernadero*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14125>
- Martínez Téllez, J., & León Gallegos, H. M. (2004). Producción de fresa en invernadero. *Academia*, 1-12. https://issuu.com/msiles/docs/08-produccion_fresa_invernadero
- Mamani Fernández, J. C. (2015). *Producción de frutilla (Fragaria vesca) en un sistema hidropónico con diferentes proporciones de sustratos y la dosificación de tres concentraciones comerciales de soluciones nutritivas*. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. Archivo digital. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5713>

- Mejía Chiriboga, D. I. (2017). “*Respuesta de tres variedades de fresa (Fragaria vesca), sometidas a tres sustratos, mediante sistema semi-hidropónico en canales de polietileno en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura – Ecuador.*” [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Archivo digital. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3201/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000062.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MINAGRI. (2008). *Estudio de la fresa en el Perú y el Mundo*. Ministerio de Agricultura y Riego. <https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/451>
- MiėldaŹys, R., Jotautienė, E., Jasinskas, A., Pekarskas, J., & Zinkevičienė, R. (2019). Investigation of physical-mechanical properties and impact on soil of granulated manure com-post fertilizers. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 27, 153–162. <https://doi.org/10.3846/jeelm.2019.10794>
- Molina López, I. C., & Reconco Rodríguez, J. R. (2020). *Evaluación de la producción de (Fragaria spp) bajo sistema semi-hidropónico y tradicional utilizando dos sustratos, módulo agrícola UCATSE - Estelí, 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica del Trópico Seco]. Archivo digital. <http://repositorio.unflep.edu.ni/77/>
- Morales Lasso, M. A. (2022). *Respuesta de la fresa (Fragaria x ananassa) a la aplicación de té de estiércol equino bajo condiciones semi hidropónicas en 4 tipos de sustrato*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Archivo digital. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/794d0cc9-9d69-4f5a-aef-f97899e26f3b/content>
- Muños López, C. J. (2010). *Combate biológico del moho gris (Botrytis cinerea) bajo dos condiciones de almacenamiento, del fruto de fresa (Fragaria x ananassa) C.V.*

- Albión*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Archivo digital. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/878>
- Muñoz Sidel, E. E. (2022). *Prueba de sustratos alternativos en base de fibra de coco mezclado con materias primas agroindustriales en cuatro almácigos de hortalizas*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Archivo digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/27846>
- Muyulema Chaglla, M. J. (2021). *Evaluación de la productividad de dos orígenes de fresa variedad Albión (Fragaria ananassa) en la parroquia Montalvo*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Archivo digital. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34715>
- Olivera Soto, J. (2012). *Cultivo de Fresa (Fragaria x ananassa Duch.)*. INIA. Estación Experimental Agraria Donoso-Huaral. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/752>
- Otuna Rea, L. O. (2012). *Análisis del rendimiento de la fresa (Fragaria chiloensis L. Duch) sometida a diferentes tipos de sustratos dentro de un cultivo semihidropónico en la parroquia Salinas provincia del Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Archivo digital. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/975>
- Pocius, A., Jotautiene, E., Pekarskas, J., & Palsauskas, M. (2016). Investigation of physical-mechanical properties of experimental organic granular fertilizers. *engineering for rural development*, 15, 1115-1120. <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2016/Papers/N217.pdf>
- Raja, W., Mir, J., Un Nabi, S., Lal, S., Qureshi, I., & Kumawat, K. (2019). Effect of different substrates on growth and quality of Strawberry cv. chandler in soilless culture. *The*

Pharma Innovation Journal, 7 (2), 449-453.

<https://www.thepharmajournal.com/archives/2018/vol7issue12/PartH/8-1-3-213.pdf>

Ramírez Padrón, L. C., Caamal Cauich, I., Pat Fernández, V. G., Martínez, D. L., & Pérez Fernández, A. (2020). Análisis de los indicadores de competitividad de las exportaciones de fresa mexicana. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, 11(4), 815-827. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7498399>

Ruano, R., López, E., Martínez, A., Villaplana, R., Fos, M., & Sanchis, E. (2001). Sustratos alternativos al empleo de la turba en el cultivo de brinzales de pino. *Sociedad Española de Ciencias Forestales*. http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/15576

Ruales Reyes, S. V. (2020). *Evaluación del segundo ciclo de producción de frutilla (Fragaria var ananassa) en un sistema semihidropónico con dos sustratos y un sistema convencional en frutilla Puenbo-Pichincha*. [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito USFQ]. Archivo digital. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/11349/1/202078.pdf>

Ruiz Castro, M. D. (2022). *Evaluación de tres variedades de frutilla (fragaria x ananassa) en un sistema de cultivo semihidropónico en Puenbo - Pichincha*. [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito USFQ]. Archivo digital. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/11196/1/139555.pdf>

Ruiz Villacis, C. R. (2021). *“Evaluación de dos biofertilizantes (bocashi líquido, te de estiércol) en tres sistemas de cultivo en lechuga (Lactuca sativa L.), Alangasi –*

- Pichincha*, 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Archivo digital. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8111>
- Palacios, D. (2020, March 19). *Estolones o Guías en Frutilla*. Frutillas o Fresas. <https://www.frutillasofresas.cl/post/estolones#:~:text=Las%20fresas%20se%20reproducen%20por,gu%C3%ADa%20se%20les%20denomina%20estolones.>
- Projar. (2020). *Fibra de coco*. https://www.projar.es/wp-content/uploads/2020_Cat_Fibra-de-Coco_ONLINE.pdf
- Quishpe Gordón, J. P. (2013). *Evaluación de la respuesta de la frutilla (Fragaria dioica) al sistema de cultivo semi hidropónico en el Quinche-Pichincha 2012*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]. Archivo digital. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5066>
- Tanya Morocho, M., & Mora, M. L. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46 (2), 93-103. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093#:~:text=Los%20microorganismos%20eficientes%20tienen%20numerosas,plantas%2C%20mejoran%20la%20estructura%20f%C3%ADsica
- Tencio C, R. (2014). Uso de microorganismos benéficos en la agricultura orgánica en Costa Rica. *Ambientico* 243, 41-46. https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/5/25571/243_41-46.pdf
- USDA. (2019, April). *Strawberries, raw*. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/167762/nutrients>
- Vázquez Vázquez, J. E., Gonzáles Rojas, J. C., Castillo Guevara, J. R., & Álvares Vera, M. S. (2019). Microorganismos benéficos MOBs obtenidos de plantas, como

promotores en la germinación de semillas. *Dominio De Las Ciencias*, 5(1), 615-628.

<http://dx.doi.org/10.23857/dc.v5i1.1064>

Vintimilla Palacios, A. I. (2014). *Análisis de factores climáticos en las diferentes regiones del Ecuador para el diseño de pavimentos*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Archivo digital.
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1356>

Zárate Aquino, M. A. (2014). Manual de hidroponía. Universidad Nacional Autónoma de México.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf

Zaragoza Nieto, R. D. (2013). *Evaluación de técnicas hidropónicas de producción en el cultivo de fresa (Fragaria x ananassa) bajo invernadero*. [Tesis de posgrado, Centro de Investigación en Química Aplicada]. Archivo digital.
<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/67/1/Tesis%20MAP%20Ramon%20Donovan%20Zaragoza%20Nieto%20Dic%2018%202013.pdf>

12. ANEXOS

Anexo 1 Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 15 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	2.09	7	0.30	1.86	0.235
Error	2.24	14	0.16		
CV. 10.07					

Anexo 2 Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 30 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	22.89	7	3.27	5.41	0.0025
Error	9.67	16	0.60		
CV. 12.14					

Anexo 3 Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 45 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	34.51	7	4.93	2.54	0.0584
Error	31.10	16	1.94		
CV. 17.72					

Anexo 4 Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 60 DDT

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	90.51	7	12.93	4.21	0.0082
Error	49.13	16	3.07		
CV. 14.90					

Anexo 5 Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 75 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	134.61	7	19.23	3.53	0.0173
Error	87.10	16	5.44		
CV. 18.70					

Anexo 6 Análisis de varianza para la variable altura de la planta a los 90 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	204.44	7	29.21	5.93	0.0016
Error	78.84	16	4.93		
CV. 17.51					

Anexo 7 Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 15 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.58	7	0.08	1.78	0.1611
Error	0.74	16	0.05		
CV. 12.31					

Anexo 8 Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 30 DDT

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.48	7	0.07	0.90	0.5296
Error	1.22	16	0.08		
CV. 12.48					

Anexo 9 Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 45 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	2.25	7	0.32	2.02	0.1155
Error	2.55	16	0.16		
CV. 16.06					

Anexo 10 Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 60 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	6.48	7	0.98	2.29	0.0804
Error	6.83	16	0.43		
CV. 15.07					

Anexo 11 Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 75 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	21.10	7	3.01	2.22	0.0883
Error	21.72	16	1.36		
CV. 19.37					

Anexo 12 Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 90 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	63.66	7	9.09	2.81	0.0414
Error	51.84	16	3.24		
CV. 20.76					

Anexo 13 Análisis de varianza para la variable número de estolones a los 45 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.26	7	0.04	2.44	0.0660
Error	0.24	16	0.02		
CV. 75.39					

Anexo 14 Análisis de varianza para la variable número de estolones a los 60 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	3.09	7	0.44	3.72	0.0139
Error	1.90	16	0.12		
CV. 43.94					

Anexo 15 Análisis de varianza para la variable número de estolones a los 75 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	7.05	7	1.01	2.58	0.0550
Error	6.24	16	0.39		
CV. 29.64					

Anexo 16 Análisis de varianza para la variable número de estolones a los 90 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	17.31	7	2.47	6.45	0.0010
Error	6.13	16	0.38		
CV. 31.53					

Anexo 17 Análisis de varianza para la variable número de flores a los 60 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.12	7	0.02	0.70	0.6708
Error	0.39	16	0.02		
CV. 119.60					

Anexo 18 Análisis de varianza para la variable número de flores a los 75 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1.95	7	0.28	1.38	0.2780
Error	3.22	16	0.20		
CV. 65.99					

Anexo 19 Análisis de varianza para la variable número de flores a los 90 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	3.09	7	0.44	2.34	0.0757
Error	3.02	16	0.19		
CV. 52.82					

Anexo 20 Análisis de varianza para la variable Sólidos solubles (°brix).

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	23.33	7	3.33	1.58	0.2105
Error	33.67	16	2.10		
CV. 12.89					

Anexo 21 Análisis de varianza para la variable rendimiento por planta (gr).

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	4219.20	7	602.74	1.78	0.1613
Error	5427.75	16	339.23		
CV. 61.73					

Anexo 22 Análisis de varianza de la humedad del sustrato a los 30 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1,10	1	1,10	2,75	0,1284
Error	4,00	10	0,40		
CV. 18.24					

Anexo 23 Análisis de varianza de la humedad del sustrato a los 45 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	4,08	1	4,08	24,71	0,0006
Error	1,65	10	0,17		
CV. 7.15					

Anexo 24 Análisis de varianza de la humedad del sustrato a los 60 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	4,69	1	4,69	65,34	<0,0001
Error	0,72	10	0,07		
CV. 3.50					

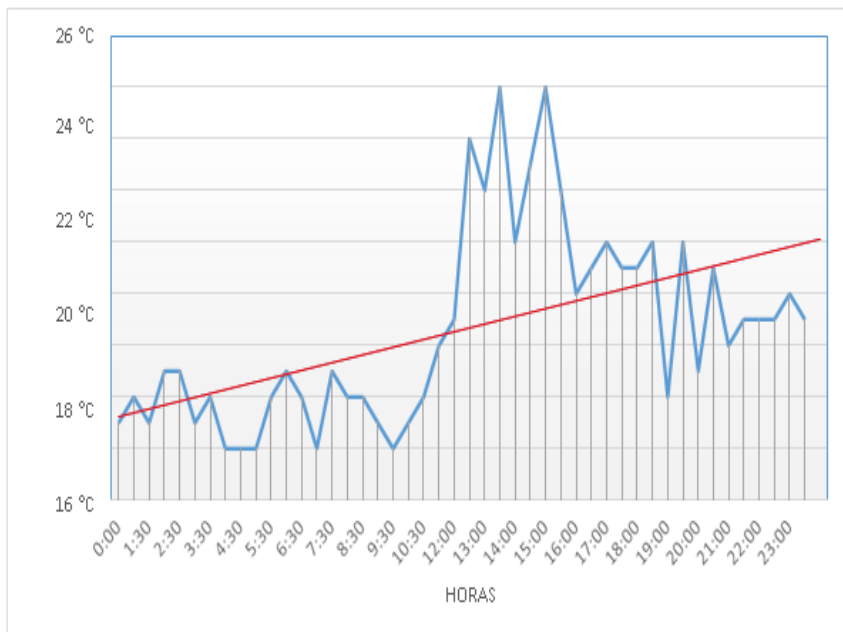
Anexo 25 Análisis de varianza de la humedad del sustrato a los 75 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	3,26	1	3,26	39,97	0,0001
Error	0,81	10	0,08		
CV. 3.70					

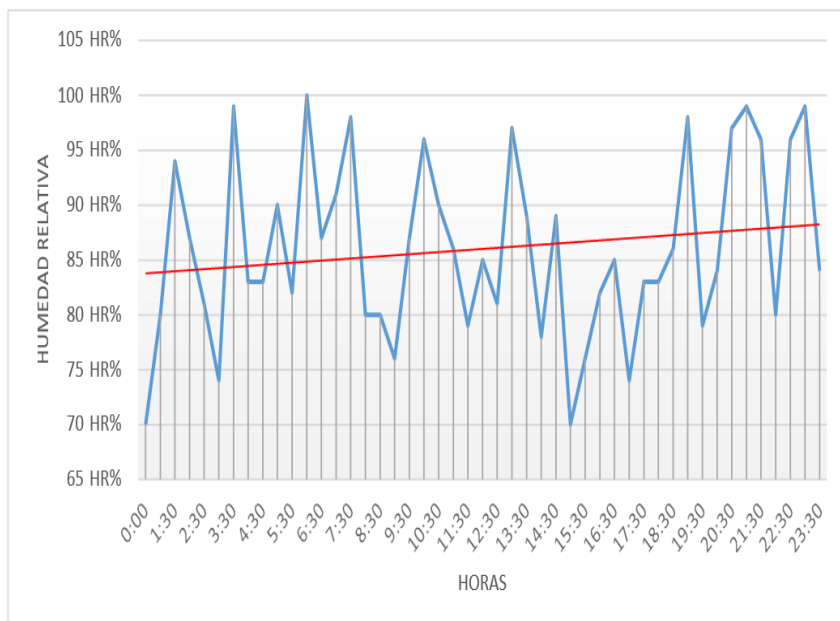
Anexo 26 Análisis de varianza de la humedad del sustrato a los 90 DDT.

	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	2,40	1	2,40	27,10	0,0004
Error	0,89	10	0,09		
CV. 3.87					

Anexo 27 Temperatura del invernadero.



Anexo 28 Humedad relativa del invernadero.



Anexo 29 Productividad en el sustrato comercial (fibra de coco).



Anexo 30 Productividad en el sustrato turba y cascarilla de arroz.



Anexo 31 Plantas de fresa en el sustrato turba y cascarilla de arroz.



Anexo 32 Plantas de fresa en el sustrato comercial (fibra de coco).



Anexo 33 Infraestructura del sistema semi-hidropónico permitiendo que los frutos permanezcan de manera aérea.



Anexo 34 Rendimiento de las plantas de fresa.

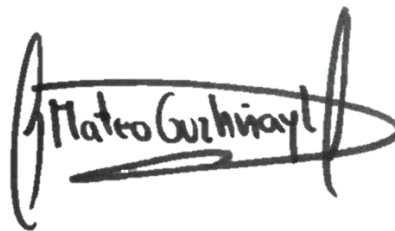


Anexo 35 Toma de datos.



Mateo Sebastian Guzhñay Leon portador de la cédula de ciudadanía N° **0107138810**. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“EVALUACIÓN DEL CULTIVO DE FRESA (FRAGARIA SP.) EN UN SISTEMA SEMI-HIDROPÓNICO CON DOS SUSTRATOS Y APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **13 de mayo de 2024**



F:

Mateo Sebastian Guzhñay Leon

C.I. 0107138810