



Pontificia Universidad Católica Del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

EVALUACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS Y SUSTRATOS EN EL RENDIMIENTO DE FRESA VARIEDAD MONTERREY (*Fragaria x ananassa* Duch.) CULTIVADA EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO VERTICAL.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

Magíster en Agronomía mención Sanidad Vegetal y Agroecología

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales

Sub línea: Seguridad y soberanía alimentaria

AUTOR: Ing. Agrop. Félix Daniel Ibadango Ruiz.

ASESOR: Ing. Agr. Yamil Everaldo Cartagena Ayala, Dr.

IBARRA, ABRIL 2023

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS

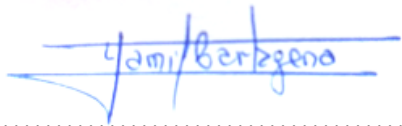
Ibarra, 15 de abril 2023.

Ing. Agr. Yamil Everaldo Cartagena Ayala, Dr.

ASESOR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



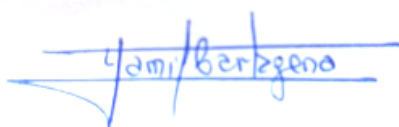
(f).....

Ing. Agr. Yamil Everaldo Cartagena Ayala, Dr.

C.C: 100197306-2

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



(f).....

Ing. Agr. Yamil Everaldo Cartagena Ayala, Dr.

C.C.: 100197306-2



(f).....

Ph.D. Jhenny Marlene Cayambe Terán.

C.C.: :172112237-0



(f).....

Msc. Edmundo Rene Recalde Posso.

C.C.: 100177449-4

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Félix Daniel Ibadango Ruiz, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 15 de abril 2023.



(f):
Ing. Agrop. Félix Daniel Ibadango Ruiz.

C.C.: 100354125-5

AUTORÍA

Yo, Félix Daniel Ibadango Ruiz, portador de la cédula de ciudadanía N° 100354125-5, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.



f):
Ing. Agrop. Félix Daniel Ibadango Ruiz.

C.C.: 100354125-5

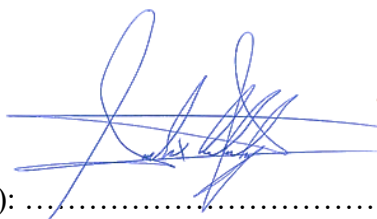
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Félix Daniel Ibadango Ruiz, con C.C.: 100354125-5, autor del trabajo de grado titulado: Evaluación de soluciones nutritivas y sustratos en el rendimiento de fresa variedad Monterrey (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivada en un sistema hidropónico vertical, previo a la obtención del título profesional de Magíster en Agronomía mención Sanidad Vegetal y Agroecología, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales “ECAA”.

1,- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2,- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 15 de abril 2023.



f):

Ing. Agrop. Félix Daniel Ibadango Ruiz

C.C.: 100354125-5

DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: “Evaluación de soluciones nutritivas y sustratos en el rendimiento de fresa variedad Monterrey (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivada en un sistema hidropónico vertical”, lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 01 de junio de 2021.

Para constancia firma:



f):

Ing. Agrop. Félix Daniel Ibadango Ruiz.

C.C.: 100354125-5

Magíster en Agronomía mención en Sanidad Vegetal y Agroecología

Ibarra, 15 de abril 2023

DEDICATORIA

La presente investigación dedico a mis padres Germán Ibadango y Inés Ruiz por enseñarme valores, enseñanzas, respeto, honestidad, humildad y hacerme una persona de bien. Agradezco su apoyo infinito y que Dios siempre me los bendiga.

A mis hermanos Santiago Ibadango y Lorena Ibadango por brindarme su confianza y sus consejos siempre los llevo en mi corazón.

“Nuca pares, nunca te conformes, hasta que lo bueno sea mejor y lo mejor excelente”.

Félix Daniel Ibadango Ruiz

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento fraterno al Departamento de Suelos de la Estación Experimental Santa Catalina INIAP, en especial al Dr. Yamil Cartagena Ayala quien me apoyo desde un inicio en la presente investigación. Al Ing. Rafael Parra por compartir sus experiencias y sus conocimientos en laboratorio de suelos.

Al Dr. Diego León por su valioso conocimiento impartido en este proceso de aprendizaje y a todos los docentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador de Ibarra que compartieron sus experiencias y conocimientos en este periodo académico.

Un grato agradecimiento Ing. María Isabel Vizcaíno por su apoyo y confianza durante esta investigación.

Un Dios les pague.

Félix Daniel Ibadango Ruiz

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS	ii
2	PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iii
3	ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS	iv
4	AUTORÍA.....	v
5	DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN.....	vi
6	DEDICATORIA	viii
7	AGRADECIMIENTO	ix
8	ÍNDICE DE CONTENIDO	x
9	ÍNDICE DE TABLAS	xv
10	ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
11	ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
12	RESUMEN.....	xx
13	ABSTRACT.....	xxi
14	INTRODUCCIÓN	22
	CAPÍTULO I.....	25
15	ESTADO DEL ARTE.....	25
1.1.	La fresa.....	25
1.1.1.	Origen	25
1.1.2.	Importancia del cultivo de fresa.....	26
1.1.3.	Zonas productoras de fresa en Ecuador	27
1.2.	Descripción botánica.....	28
1.2.1.	Raíces.....	28
1.2.2.	Tallo o corona	28
1.2.3.	Hojas	28
1.2.4.	Estolón	28
1.2.5.	Inflorescencia.....	29

1.2.6.	Flores	29
1.2.7.	Fruto.....	29
1.3.	Variedades de fresa	29
1.3.1.	De día corto.....	30
1.3.2.	De día neutro.....	30
1.4.	Variedad Monterrey	30
1.5.	Nutrientes	31
1.5.1.	Nitrógeno (N).....	31
1.5.2.	Fósforo (P)	32
1.5.3.	Potasio (K)	32
1.5.4.	Calcio (Ca).....	33
1.5.5.	Magnesio (Mg)	33
1.5.6.	Azufre (S)	33
1.5.7.	Hierro (Fe)	33
1.5.8.	Zinc (Zn).....	34
1.5.9.	Manganeso (Mn).....	34
1.5.10.	Boro (B).....	34
1.6.	Solución Steiner	34
1.7.	Sistema hidropónico.....	36
1.8.	Sustratos	37
1.8.1.	Características de los sustratos	38
1.8.2.	Propiedades físicas y químicas de los sustratos.....	38
1.8.3.	Tipos de sustratos.....	39
1.8.3.1.	Pomina.....	39
1.8.3.2.	Cascarilla de arroz.....	40
1.8.3.3.	Fibra de coco	40
1.9.	Manejo.....	41
1.9.1.	Trasplante.....	41
1.9.2.	Riego.....	41
1.9.3.	Fertilización	42
1.9.4.	Estolonización.....	42
1.9.5.	Cosecha.....	43

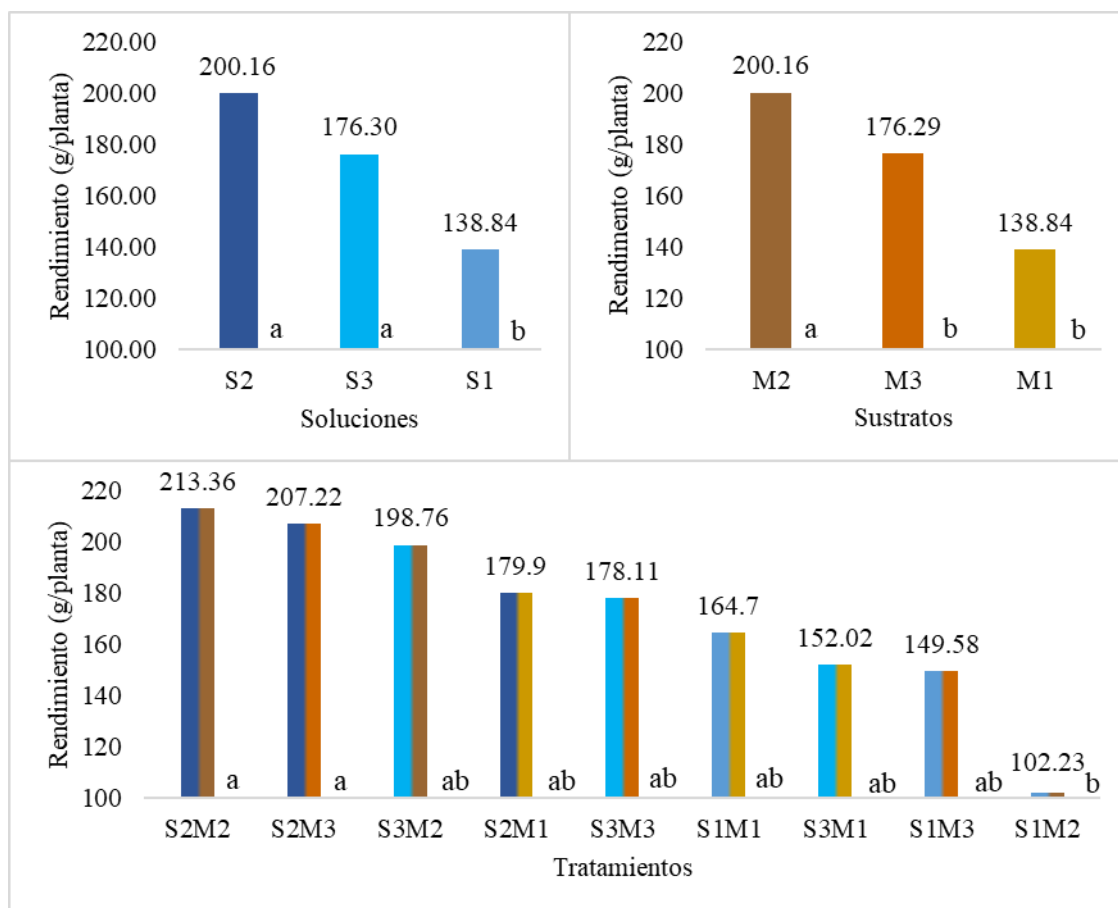
CAPÍTULO II.....	45
2. MATERIALES Y MÉTODOS	45
2.1. Materiales y equipos.....	45
2.1.1. Experimental biológico.....	45
2.1.2. Campo	45
2.1.3. Oficina	45
2.1.4. Insumos	45
2.2. Métodos.....	46
2.2.1. Localización del área de estudios	46
2.2.2. Características del área de estudio	47
2.2.3. Selección del lote	47
2.2.4. Preparación del sustrato	48
2.2.5. Lavado y desinfección del sustrato.....	48
2.2.6. Estructura hidropónica.....	48
2.2.7. Colocación de las mangas hidropónicas verticales y sistema de riego.....	48
2.2.8. Obtención de material vegetativo de variedades de fresa.....	49
2.2.9. Trasplante.....	49
2.2.10. Fertirriego.....	49
2.2.11. Control de plagas y enfermedades	49
2.2.12. Podas de mantenimiento o sanitaria	49
2.2.13. Labores culturales y riego	50
2.2.14. Cosecha	50
2.3. Variable independiente.....	50
2.3.1. Factores en estudio.....	50
2.3.2. Unidad experimental.....	51
2.3.3. Tratamientos	51
2.3.4. Diseño Experimental.....	52
2.3.5. Análisis estadístico	52
2.3.6. Análisis funcional	53
2.4. Variables dependientes.....	53
2.4.1. Porcentaje de prendimiento	53

2.4.2.	Porcentaje de plantas a la cosecha	53
2.4.3.	Número de estolones.....	53
2.4.4.	Número de frutos por planta	53
2.4.5.	Diámetro ecuatorial del fruto	53
2.4.6.	Rendimiento.....	54
2.4.7.	Biomasa aérea	54
2.4.8.	Eficiencia del uso del agua	54
2.4.9.	Sólidos solubles o grados Brix.....	54
2.4.10.	Análisis económico	55
CAPÍTULO III		56
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
3.1.	Análisis de supuestos estadísticos	56
3.2.	Prendimiento	57
3.3.	Plantas a la cosecha.....	59
3.4.	Estolones	61
3.5.	Número de frutos totales por planta	64
3.6.	Rendimiento de frutos	68
3.7.	Diámetro promedio de frutos	71
3.8.	Grados Brix	73
3.9.	Biomasa.....	76
3.10.	Uso eficiente del agua (UEA).....	78
3.11.	Relación costo beneficio	81
CAPÍTULO VI.....		83
4.	CONCLUSIONES	83
CAPÍTULO VII.....		84
5.	RECOMENDACIONES	84
CAPÍTULO VIII		85
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
ANEXOS.....		101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	35
<i>Funciones de cada elemento en la planta.</i>	35
Tabla 2.	45
<i>Insumos empleados para la producción de fresa variedad Monterrey.</i>	46
Tabla 3.	46
<i>Ubicación del área de estudio.</i>	46
Tabla 4.	48
<i>Mezclas de sustratos en kilogramos.</i>	48
Tabla 5.	50
<i>Soluciones nutritivas.</i>	50
Tabla 6.	51
<i>Mezcla de sustratos.</i>	51
Tabla 7.	51
<i>Características del experimento.</i>	51
Tabla 8.	51
<i>Tratamientos en estudio.</i>	51
Tabla 9.	52
<i>Esquema del análisis de la varianza</i>	52
Tabla 10.	56
<i>Supuestos estadísticos para las variables de fresa, variedad Monterrey.</i>	56
Tabla 11.	57
<i>Prueba de Kruskal Wallis para prendimiento de fresa, variedad Monterrey.</i>	57
Tabla 12.	59
<i>Prueba de Kruskal Wallis para plantas a la cosecha de fresa, variedad Monterrey.</i> 59	
Tabla 13.	61
<i>Análisis de la varianza de número estolones en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.</i>	61
Tabla 14.	64
<i>Análisis de la varianza de número de frutos en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.</i>	64

Tabla 15. 68
Análisis de la varianza rendimiento de frutos en el cultivo de fresa, variedad Monterrey. 68



..... 69
 Tabla 16. 71
Prueba de Kruskal Wallis para diámetro promedio de frutos de fresa, variedad Monterrey. 71
 Tabla 17. 74
Análisis de la varianza de grados Brix en el cultivo de fresa, variedad Monterrey. 74
 Tabla 18. 76
Análisis de la varianza de Biomasa en el cultivo de fresa, variedad Monterrey. 76
 Tabla 19. 79
Análisis de la varianza de uso eficiente del agua en el cultivo de fresa, variedad Monterrey. 79
 Tabla 20. 81

<i>Costos y beneficios expresados por hectárea para solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.</i>	81
Tabla 21.	81
<i>Costos y beneficios expresados por hectárea para sustrato en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.</i>	81
Tabla 22.	82
<i>Costos y beneficios expresados por hectárea para la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.</i>	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación.	47
Figura 2. Medias de la variable prendimiento para solución, sustrato y la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.	58
Figura 3. Medias de la variable sobrevivencia para solución, sustrato y la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.	60
Figura 4. Prueba de Tukey para la variable número de estolones para solución, sustrato y la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.	62
Figura 5. Medias de número de número de estolones por planta en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.	63
Figura 6. Prueba de Tukey para la variable número de frutos por planta para solución, sustrato y la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.	65
Figura 7. Comportamiento productivo en lo que respecta al número de frutos, variedad Monterrey.	67
Figura 8. Prueba de Tukey para la variable rendimiento de frutos para solución, sustrato y la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.	69
Figura 9. Medias de rendimiento por tratamiento expresado en toneladas por hectárea del cultivo de fresa, variedad Monterrey.	70
Figura 10. Medias de la variable diámetro promedio de frutos para solución, sustrato y la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.	72
Figura 11 Prueba de Tukey para la variable grados Brix para solución, sustrato y la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.	75
Figura 12. Prueba de Tukey para la variable biomasa para solución, sustrato y la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.	77
Figura 13. Prueba de Tukey para la variable sobrevivencia para solución, sustrato y la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.	80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Selección de lote.</i>	101
Anexo 2. <i>Preparación del sustrato.</i>	101
Anexo 3. <i>Lavado, desinfección y llenado en contenedores plásticos verticales.</i>	102
Anexo 4. <i>Construcción de la estructura hidropónica.</i>	102
Anexo 5. <i>Colocación de las mangas hidropónicas y sistema de riego.</i>	103
Anexo 6. <i>Obtención de material vegetativo variedad Monterrey.</i>	103
Anexo 7. <i>Trasplante.</i>	104
Anexo 8. <i>Fertirriego y mezclas de soluciones nutritivas.</i>	104
Anexo 9. <i>Control de plagas y enfermedades.</i>	104
Anexo 10. <i>Raleo de hojas y estolones.</i>	105
Anexo 11. <i>Labores culturales y riego.</i>	105
Anexo 12. <i>Recolección de frutos – cosecha.</i>	106
Anexo 13. <i>Análisis de agua.</i>	106
Anexo 14. <i>Croquis del experimento.</i>	107
Anexo 15. <i>Distancia entre plantas y manga vertical.</i>	108
Anexo 16. <i>Distancias de mangas verticales frontal y lateral.</i>	108
Anexo 17. <i>Diámetro de fruto.</i>	109
Anexo 18. <i>Rendimiento.</i>	109
Anexo 19. <i>Biomasa aérea.</i>	110
Anexo 20. <i>Sólidos solubles o grados brix.</i>	110
Anexo 21. <i>Medias por tratamiento de las variables analizadas</i>	111
Anexo 22. <i>Resumen de costos por tratamiento</i>	112

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el cantón Antonio Ante, parroquia Atuntaqui, norte del Ecuador, con la finalidad de evaluar las soluciones nutritivas y sustratos en el rendimiento de fresa variedad Monterrey (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivada en un sistema hidropónico vertical. Los objetivos específicos fueron: determinar la mejor solución nutritiva para incrementar la productividad, evaluar tres tipos de sustratos para la producción y evaluar la relación beneficio/costo en la aplicación de soluciones nutritivas y mezclas de sustratos en fresa. El ensayo tuvo nueve tratamientos y cuatro repeticiones; el área experimental fue de 48 m². Las variables evaluadas fueron; porcentaje de prendimiento y plantas a la cosecha; número de estolones; número de frutos por planta; diámetro ecuatorial del fruto; rendimiento; biomasa aérea; eficiencia del uso de agua; sólidos solubles o grados Brix; análisis económico. Se procesó la información en un diseño de parcelas divididas (DPD), si se cumple los parámetros de normalidad y homocedasticidad, caso contrario se aplicó Kruskal - Wallis. La mejor solución nutritiva para incrementar la productividad de fresa fue la solución S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20); a su vez se destaca el sustrato M2 (cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%). En todos los tratamientos se obtuvo una relación beneficio costo positivo, sin embargo, el mejor tratamiento fue S2M2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) donde por cada dólar invertido se tiene un beneficio neto de 3,75 dólares americanos.

Palabras clave: *Fragaria*, variedad Monterrey, hidropónico vertical, soluciones nutritivas, sustratos.

ABSTRACT

The present study was conducted in the canton Antonio Ante, parish Atuntaqui, northern Ecuador, with the purpose of evaluating nutrient solutions and substrates on the yield of strawberry variety Monterrey (*Fragaria x ananassa* Duch.) grown in a vertical hydroponic system. The specific objectives were: to determine the best nutrient solution to increase productivity, to evaluate three types of substrates for production, and to evaluate the benefit/cost ratio in the application of nutrient solutions and substrate mixtures in strawberry. The trial had nine treatments and four replications; the experimental area was 48 m². The variables evaluated were: percent stand and plants at harvest; number of stolons; number of fruits per plant; fruit equatorial diameter; yield; aerial biomass; water use efficiency; soluble solids or Brix degrees; economic analysis. The information was processed in a split-plot design (DPD), if the parameters of normality and homoscedasticity were met, otherwise Kruskal-Wallis was applied. The best nutrient solution to increase strawberry productivity was the S2 solution (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 and S: 20); at the same time, the M2 substrate (rice husk 10%, coconut fiber 80% and pomina 10%) stands out. However, the best treatment was S2M2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 and S: 20; rice husk 10%, coconut fiber 80% and pomina 10%), where for each dollar invested there is a net benefit of 3.75 US dollars.

Keywords: *Fragaria*, Monterrey variety, vertical hydroponics, nutrient solutions, substrate.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio estuvo enfocado a desarrollar una metodología para la producción de fresa, variedad Monterrey, en base al sistema hidropónico, con la finalidad de determinar la combinación entre sustrato y solución nutritiva de tal manera que se obtenga altos rendimientos y réditos económicos que permitan incentivar a los productores a optar por un sistema alternativo al tradicional como es el hidropónico, que como mencionan Mejía Chiriboga (2017), en la provincia de Imbabura se puede producir fresa de una manera amigable con el ambiente y generando ingresos económicos para las familias.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura ([FAO], 2011), indica que a nivel mundial se experimenta degradación de los ecosistemas en altas tasas, sobre todo en lo referente a la pérdida de la calidad del suelo, disminución de la diversidad biológica tanto animal como vegetal; lo que menoscaba el patrimonio cultural y recreativo; además de las diferentes formas de degradación de recursos como el hídrico (contaminación, salinización, escasez). Estos factores antes mencionados atentan a la capacidad de satisfacer la demanda creciente de agua, tanto para el consumo, como para los sectores productivos sean éstos agropecuarios o industriales; problemática que se profundiza por las prácticas agrícolas inadecuadas e insostenibles, las diversas presiones socioeconómicas, además de los efectos del cambio climático (Rodríguez Vera, 2021)

En lo que respecta a la producción de fresa según la FAO (2023), en el mundo se cosecharon 518.71 mil hectáreas de este cultivo en el año 2021, siendo China la que presentó el mayor porcentaje con 49.66%; mientras que el Ecuador únicamente representa el 0.02%; por otra parte, en lo que se refiere a la producción esta fue de 12.56 millones de toneladas, donde de igual manera sobresale China con el 53.88% de la producción mundial; por otra parte, el Ecuador representa solamente el 0.01%. El rendimiento promedio del cultivo de fresa para el año 2021 fue de 19.56 ton/ha; donde se destaca Estados Unidos con un rendimiento de 60.58 ton/ha; por el contrario, el rendimiento en Ecuador es de 14.20 ton/ha equivalente al 23.45% del país productor líder.

Según Calle Rodas (2016) en la provincia de Imbabura, el cultivo de frutilla o fresa es uno de los tres frutales más importantes en conjunto con mora y uvilla; se define a este tipo de productores como minifundistas, por la extensión de terreno, donde los predios

presentan una diversidad de cultivos andinos destinados principalmente para el consumo familiar, con cultivos especializados, como el caso de la fresa, que son comercializados a intermediarios o de manera directa en los diferentes centros poblados.

En la provincia de Imbabura, el principal productor es el cantón San Luis de Otavalo, principalmente en las parroquias rurales de San Rafael de La Laguna, González Suárez y San Pablo (Cartagena Calderón, 2016), donde se realiza la producción comercial de fresa, a pesar de ser un cultivo importante en las parroquias mencionadas los rendimientos son bajos, debido principalmente a que las variedades empleadas presenta alta susceptibilidad plagas y enfermedades (Mejía Chiriboga, 2017); otro de los factores a considerar en la heterogeneidad de dosis de agroquímicos cuya principal causa es el monocultivo, que es, en las parroquias mencionadas, el sistema tradicional; lo que además genera altos costos de producción; así como también contaminación ambiental, daños a la salud de productores y consumidores (Leyva et al., 2014). En este sentido Cayambe et al. (2021) mencionan que la producción tradicional de fresa en Imbabura, se lo realiza como monocultivo en el suelo donde se colocan cubiertas plásticas, donde se evidencia el uso creciente de agroquímicos, que conlleva a baja productividad y mala calidad de frutos, así como también problemas de erosión y salinización.

En base a lo antes expuesto y frente a la problemática de los bajos rendimientos del cultivo de fresa se opta por ofertar una alternativa para incrementar la productividad de este cultivo, que sea rentable económicamente además de ambientalmente sustentable. Cabe mencionar que Anrango Méndez (2017) expresa que este cultivo se desarrolla empíricamente por la mayoría de los agricultores, como consecuencia el impacto ambiental es mayor para los recursos naturales y la población.

En este contexto se planteó el uso del sistema hidropónico vertical que, según Cantillano et al. (2012), requiere la aplicación de una menor cantidad de agroquímicos, se optimiza la cantidad de agua empleada, permite obtener altos rendimientos, lo que conlleva a obtener mejores beneficios económicos, con una disminución en los impactos negativos sobre el ambiente. Lo que concuerda con García y Durga (2012) quienes expresan que el uso de agroquímicos debe ser reglamentado, además que debe existir una estricta

vigilancia sobre los impactos que pueden causar tanto en el ambiente, como contaminación; así como también en los residuos y toxicidad de estos compuestos.

Objetivo General

Evaluar las soluciones nutritivas y sustratos en el rendimiento de fresa variedad Monterrey (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivada en un sistema hidropónico vertical.

Objetivos Específicos

- Determinar la mejor solución nutritiva para incrementar la productividad de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) variedad Monterrey.
- Evaluar tres tipos de sustratos para la producción de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) variedad Monterrey en un sistema hidropónico vertical.
- Evaluar la relación beneficio/costo en la aplicación de soluciones nutritivas y mezclas de sustratos en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.).

Hipótesis

H₀: Las soluciones nutritivas y las mezclas de sustratos en condiciones de un sistema hidropónico vertical no afectan la producción de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) variedad Monterrey.

H_a: Las soluciones nutritivas y las mezclas de sustratos en condiciones de un sistema hidropónico vertical si afectan la producción de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) variedad Monterrey.

CAPÍTULO I

ESTADO DEL ARTE

1.1. La fresa

La fresa es muy apetecida a nivel mundial por sus características organolépticas, generando un gran desarrollo tecnológico y científico sobre ésta a nivel mundial (Piedrahíta y Flóres, 2011). Al hablar de las generalidades, Núcleo Ambiental S.A.S. (2015), menciona que: los frutos de las especies del género *Fragaria* conocidos como fresa (*F vesca*, *F. viridis* o *F. moschata*) presentan un fruto triangular, rojo, con pequeños puntos, de olor característico e intenso y de sabor agradable. Cabe mencionar que las pequeñas puntuaciones, que muchas veces se confunden con semillas, son los verdaderos frutos, de tal manera que llamar a la fresa un fruto es un tanto impreciso.

Además, Quishpe Gordón (2013), consideran que este cultivo es correspondiente a la familia Rosaceae, y es una herbáceas perennes, que crece de manera espontánea en varias regiones de América y Europa. Es preciso recalcar que el nombre del género *Fragaria* se deriva del latín “*fragum*” que significa fragante o fragancia esto debido al aroma de su fruto que es muy característico (Secretaría de Economía, 2002).

1.1.1. Origen

El más conocido es Chile, donde se cita a “*Fragaria chiloensis*”, de excelentes características botánicas. La frutilla que se consume actualmente es producto de un cruzamiento espontáneo entre “*Fragaria chiloensis*” y la variedad estaminada “*Fragaria virginiana*”. El resultado es una planta vigorosa, de hojas grandes con peciolo largo, flores hermafroditas auto compatibles, fruto de gran tamaño, de forma y color variables: denominada desde 1966 como *Fragaria x ananassa* que corresponde a la frutilla comercial, la cual ha sido mejorada dando origen a otras variedades comerciales. A este género pertenecen más de 150 especies (Tonelli, 2010).

Además, existe una gran cantidad de especies de fresa a través del mundo (Núcleo Ambiental S. A. S. 2015). En Europa hay numerosas especies en estado silvestre (entre ellas *Fragaria vesca*, fresa común silvestre y *Fragaria viridis*), las más extendidas que se cultivan actualmente derivan de un cruce espontáneo de dos especies, *Fragaria virginiana* y *Fragaria chiloensis*, importadas entre los siglos XVII y XVIII de América (Bianchi, 2018).

Por otro lado, Silva Espinoza et al. (2013) menciona que, la fresa es apreciada por su contenido de compuestos antioxidante, pero son susceptibles al ataque por hongos. En el siglo XIV, las propiedades medicinales de la fresa ya se conocían, sin embargo, al principio exclusivamente se cultivaba con fines ornamentales; la llegada de las especies americanas determinó su propagación en Europa como planta de frutos (Bianchi, 2018).

1.1.2. Importancia del cultivo de fresa

La fresa es uno de los cultivos con mayor potencial de producción a gran escala, debido a que presenta una demanda por parte de los consumidores de manera creciente, por lo que se pueden desarrollar cada vez más emprendimientos agroproductivos en sistemas no tradicionales de producción como es el caso de los sistemas hidropónicos, entre ellos los de mangas verticales. Cabe mencionar que en la provincia de Imbabura es uno de los cultivos más importantes en lo que respecta a frutales, incrementándose hasta las 300 ha las áreas productivas para este fin (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2020).

Es preciso mencionar que, la fresa presenta una demanda creciente a nivel mundial, siendo Francia el país que presenta un mayor consumo con 117.219 toneladas; seguido por Alemania y Canadá con 90.835 y 84.731 toneladas respectivamente (Santoyo Juárez y Martínez Alvarado, 2009).

En este sentido, Bianchi (2018) menciona que la experimentación en el sector agrícola se orienta hacia la consecución de técnicas de cultivo que permitan reducir cada vez más los costes de producción y, en el sector de la mejora vegetal, hacia la obtención de especies cultivadas resistentes a las enfermedades y capaces de ofrecer un rendimiento elevado y caracterizado por la calidad gustativa del producto. Rodríguez (2016) indica que, la fresa

se encuentra dentro de la dieta de alimentos, en la cual encontramos mejoras que van desde su tamaño, firmeza, color, entre otras.

1.1.3. Zonas productoras de fresa en Ecuador

Verdugo (2011), menciona que la producción de fresa está distribuida de la siguiente manera: Pichincha: 400 ha, Tungurahua: 240 ha Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Azuay, supera las 40 ha. es preciso indicar que la producción tiene como destino final los mercados de Quito, Cuenca, Guayaquil, así como también otras provincias de la Costa.

Además, Llumiyinga (2017), sostiene que el cultivo de fresa en Ecuador está concentrado en su mayor extensión en la provincia de Pichincha, la zona de mayor producción de fresa se encuentra en el valle noroccidental de Quito siendo Yaruquí, Pifo, Tababela, Checa, El Quinche, Ascázubi son algunas de las parroquias más productivas de fresa en el país. Aunque no hay datos estadísticos se cree que la zona produce entre 5 mil a 6 mil cajas diarias de frutilla. El cultivo tiene un 20% de incremento anual. Por otro lado, el 60% se destina al mercado nacional y el resto se exporta.

Según Aguilar Freile (2018) expresa que la importancia económica de la frutilla se da por el abastecimiento al consumo local; a nivel nacional destacando Tungurahua, Pichincha e Imbabura como las provincias en donde se concentra la producción de frutilla, mismas que en conjunto superan las 400 ha destinadas al cultivo, siendo Pichincha la de mayor producción.

En la provincia de Imbabura la producción se centra principalmente en áreas sobre los 2500 msnm, en la zona alto andina, correspondiente a la zona de vida Bosque húmedo montano bajo (bh-MB) según la clasificación de Holdridge; con un rango de temperatura entre 0 y 12°C y una pluviosidad entre 1000 a 2000 mm/año; siendo los productores minifundistas que poseen en promedio extensiones de 0.6 ha y que cuentan con agua de riego, los principales cantones productores son Otavalo y Cotacachi (Gobierno Provincial de Imbabura [GPI], 2020).

1.2.Descripción botánica

La fresa es una planta perenne de tamaño corto de reproducción sexual y asexual (Bonet Gigante, 2010), cuyas características se presentan a continuación.

1.2.1. Raíces

Martínez Salazar (2022) menciona que la planta de fresa es de tipo herbáceo y perenne. El sistema radicular es de aspecto fibroso, fasciculado y se origina en la corona; se divide en:

- Raíces primarias: Son de café oscuro, nacen de la base de las hojas, dando un soporte a la planta, sus raíces son gruesas, perennes que presentan un cambium vascular y suberoso.
- Raíces secundarias o raicillas alimenticias: Carecen de cambium vascular y suberoso, son de color más claro, tienen un periodo de vida corto y son más delgadas.

1.2.2. Tallo o corona

Posee un tallo de “tamaño reducido denominado corona, donde se ubican las yemas tanto vegetativas como florales y de ellas nacen las hojas, estolones o guías y las inflorescencias” (Altamirano Hernández, 2004).

1.2.3. Hojas

Largamente pecioladas, compuestas pinnadas o trifoliadas, folíolos con pecíolos cortos de forma elípticas, con margen aserrados; las hojas están distribuidas en roseta e insertas en la corona; poseen estípulas en su base (Altamirano Hernández, 2004).

1.2.4. Estolón

Altamirano Hernández (2004) menciona que es un brote delgado, largo, rastrero formado a partir de las yemas axilares de las hojas basales. En el extremo se forman rosetas de hojas y luego emiten raíces adventicias, dando origen a una nueva planta, por lo que son un método de propagación.

1.2.5. Inflorescencia

Las inflorescencias son de tipo “cima etérea” que pueden ser de ramificación apical o basal, que se encuentran en los terminales de corona; cabe mencionar que de los estolones se generan inflorescencias secundarias (Altamirano Hernández, 2004).

1.2.6. Flores

Son actinomorfas, pedunculares, hermafroditas o unisexuales; poseen un grueso receptáculo carnoso, además de 5 y 6 sépalos y de 5 a 6 pétalos de color blanco o rosado. Son polinizadas por el viento o insectos (Altamirano Hernández, 2004).

1.2.7. Fruto

Según Altamirano Hernández (2004) se clasifica pseudocarpo, es un fruto múltiple denominado también poliaquenio, debido a que está conformado por:

- Aquenios: frutos secos indehiscentes, con una semilla, de aproximadamente 1 mm de largo; de color amarillo, rojo, verde o marrón, pueden ser de 150 a 400 por fruto (Altamirano Hernández, 2004).
- Receptáculo carnoso: puede alcanzar hasta 5 cm de diámetro, de color rosado, carmín, rojo o púrpura; de forma “achatada, globosa, cónica alargada, cónica alargada con cuello, en cuña alargada y en cuña corta” (Altamirano Hernández, 2004).

1.3. Variedades de fresa

Es preciso indicar que al igual que en otros cultivos, en el caso de las fresas es decisivo la selección de las variedades más adecuadas en función de sus características; de tal manera que se alcance los mejores rendimientos y cumplan los parámetros de calidad; así como también la planificación de las temporadas de producción, además del manejo y el control de plagas (Santoyo Juárez y Martínez Alvarado, 2009).

Según, Gómez Sánchez y Vallejo Tipán (2015) “en el mundo existen más de 1.000 variedades de fresa; en el Ecuador las variedades que más se siembran son Oso grande, Chardler, Festival entre otras a menor escala”.

En lo que respecta a la clasificación de las variedades de fresa según el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA, 2017) se realiza en función de sus requerimientos de luz y pueden ser:

1.3.1. De día corto

Son las que responden a fotoperiodos de menos de 14 horas de luz. Este grupo presenta generalmente dos periodos de cosecha en el año. Entre las variedades se puede mencionar a Camarosa, Camino real, Ventana, Palomar, Mojave, Benicia, Sabrosa, Sabrina, Shara y Safari. (INIA, 2017).

Cabe mencionar que, según Paucar Guamialamá (2022) las variedades que más se cultivan son en el Ecuador son: Oso Grande, Diamante, Monterrey y Albión.

1.3.2. De día neutro

No responden a la cantidad de horas de luz (largo del día) y solo necesitan temperaturas del suelo por sobre los 12°C para emitir flores. Su producción es más homogénea a lo largo de la temporada. Responden de manera adecuada a sistemas bajo túneles o invernaderos. Entre las variedades se puede mencionar a Albión, San Andrés, Monterrey, Portola, Aromas Cristal y Amandine (INIA, 2017).

1.4. Variedad Monterrey

Esta variedad es similar a la variedad San Andreas en las características de producción, con una floración levemente superior, una inflorescencia en racimos, siendo una planta vigorosa de buen follaje de tono verde amarillento y su principal diferencia es el sabor de la fruta. Esta variedad es más llamativa para el consumidor en general, pero especialmente para el consumidor asiático en Japón, Corea y China (Núcleo Ambiental S. A. S, 2015).

La variedad Monterrey es muy popular en el mercado por ser una planta fuerte y robusta, tiene un color rojo con una forma cónica perfecta. El fruto es placenteramente dulce. La fruta es ligeramente más larga pero menos firme que el Albión. La variedad Monterrey es menos tolerante a *Phytophthora* y al Hongo Polvoriento (*Powdery mildew*) que la Albión, esta variedad Monterrey tiene buen desarrollo y alto potencial de rendimiento (Bolda y Dara, 2015).

Así también se destaca entre sus características que posee una producción estable, muy apreciada tanto en fresco como para la agroindustria, es tolerante a lluvias, pero susceptible a oídio, trips y ácaros; en cuanto a sus necesidades requiere de temperaturas de 12 °C en el suelo y en lo referente a la fertilización demanda entre un 25 a 30% más respecto a la variedad Albión (Paucar Guamialamá, 2022).

1.5.Nutrientes

Díaz Espino et al. (2017) indican que para garantizar la cantidad de nutrientes necesaria para el óptimo desarrollo y por ende rendimiento óptimo del cultivo de fresa se debe considerar una fertilización que aporte macro y micronutrientes; de tal manera que no se desarrollen enfermedades abióticas, cuyo origen sea debido a la deficiencia de nutrientes. En este sentido, Bolda y Dara (2015), mencionan que “el manejo de nutrientes para un funcionamiento óptimo, calidad y desarrollo, la fresa necesita 17 nutrientes esenciales en cantidades que cambian a través de la temporada basada en las etapas de desarrollo”

Rivadeneira Santacruz (2016), unas de las formas de aportar nutrientes a la planta es la denominada nutrición foliar, la cual consiste en la aplicación de sustancias fertilizantes (soluciones nutritivas) por medio de la aspersión directa al follaje; de tal manera que la absorción de nutrientes se realiza por vía foliar; la cual se realiza en tres fases: a) penetración de la pared celular mediante el proceso de difusión; b) absorción por medio de la membrana plasmática; finalmente c) los nutrientes pasan al citoplasma mediante procesos metabólicos.

1.5.1. Nitrógeno (N)

Este elemento es indispensable para la formación de aminoácidos, síntesis enzimática y procesos metabólicos, forma parte de los ácidos nucleicos, purinas, pirimidinas y porfirinas; es esencial para los procesos de fotosíntesis y respiración (Alcántar González y Trejo-Téllez, 2007). Por su parte, Díaz Espino et al. (2017) afirman que este elemento el cultivo de fresa es esencial en el metabolismo de la planta y guarda relación directa con la cantidad de órganos que presenta la planta; es necesario en la síntesis de la clorofila y por ende en la fotosíntesis, así como también en la formación de proteínas, vitaminas y ácidos nucleicos. Su deficiencia afecta el crecimiento de las plantas, disminución del

rendimiento de la planta (frutos pequeños y ácidos), clorosis en las hojas, floración escasa, disminución de la superficie foliar; mientras que el exceso produce un bajo desarrollo radicular y amplio desarrollo aéreo, con frutos de piel gruesa, poca vitamina C y agua, hojas verdes oscuro y se retrasa la maduración, mayor susceptibilidad a enfermedades, a la escasas o exceso de humedad.

1.5.2. Fósforo (P)

Alcántar González y Trejo–Téllez (2007) expresan que se encuentran en los fosfolípidos, ácidos nucleicos, ADN, ARN, ADP y ATP; contribuye en la formación de membranas de mitocondrias y cloroplastos; participa en los procesos de oxidación, fotosíntesis, glucólisis, descomposición de hidrato de carbono y fosforilación; además participa en la división celular. Por su parte Díaz Espino et al. (2017) indican que es un elemento importante para el desarrollo radicular y es indispensable para el almacenamiento y transferencia de energía, así como también para el crecimiento, vigor y rendimiento de las plantas. Así también, Estrada-Ortiz et al. (2011) mencionan que, en el caso de la fresa, es muy importante en el almacenamiento y transferencia de energía en las células vegetales, estimula el metabolismo de la planta e incrementa la concentración de clorofila, sólidos totales, aminoácidos y proteínas.

1.5.3. Potasio (K)

De la Cruz Millán (2012) indica que el potasio es importante para los procesos enzimáticos e interviene en la respiración y fotosíntesis; mejora la resistencia a plagas y enfermedades debido al engrosamiento de las paredes celulares. Por su parte, Alcántar González y Trejo–Téllez (2007) mencionan que este elemento se encuentra de manera libre en las vacuolas y citoplasma, regulando el gradiente osmótico y por ende el turgor de las células; participa en el proceso fotosintético, contribuye a los procesos enzimáticos y energéticos. Además, promueve la acumulación de carbohidratos y grasas en los frutos; contribuye al proceso de transpiración y regula la apertura y cierre de los estomas; además interviene en los procesos de fotosíntesis, activación enzimática, síntesis de glúcidos, así como también en el metabolismo del nitrógeno. La deficiencia de potasio provoca un retraso en el crecimiento, además del debilitamiento y rotura del tallo. (Díaz Espino et al., 2017).

1.5.4. Calcio (Ca)

Alcántar González y Trejo–Téllez (2007) manifiestan que el calcio se encuentra en las vacuolas, membrana celular, pared celular (como incrustaciones) y estructuras lípidas, participa en el equilibrio electrostático de la célula; contribuye en la formación de quelatados; activa la multiplicación de tejidos meristemáticos, por lo que contribuye con el crecimiento y elongación de la planta. Según Díaz Espino et al. (2017) mencionan que la deficiencia de calcio puede provocar en las plantas de fresa quemaduras en las puntas de la hojas jóvenes y deformaciones en las hojas adultas.

1.5.5. Magnesio (Mg)

Díaz Espino et al. (2017) explican que este elemento es un constituyente de la clorofila, por lo que participa en la fotosíntesis; su deficiencia provoca clorosis y la posterior necrosis de los tejidos de las hojas, que se desprenden con facilidad; además provoca deformaciones en las hojas jóvenes. Así también, Aguilar Tlatelpa (2021) indica que es un elemento constitutivo de los ribosomas; además, interviene en el metabolismo energético, interviene en síntesis y procesos enzimáticos; cabe mencionar que en el caso de la frutilla el magnesio guarda relación con el color y tamaño del fruto.

1.5.6. Azufre (S)

La deficiencia de azufre produce retraso de crecimiento, clorosis uniforme de las hojas y tendencia a formar gradualmente coloración bronceada con necrosis en las puntas. (Díaz Espino et al., 2017). Por su parte Aguilar Tlatelpa (2021) menciona que la planta absorbe el azufre como sulfatos, y en forma gaseosa como dióxido de azufre; desempeña un rol importante en formación de enzimas y proteínas, participa en el ciclo de Krebs, respiración, síntesis y degradación de ácidos grasos.

1.5.7. Hierro (Fe)

El hierro es una parte importante de la clorofila, su deficiencia provoca la clorosis férrica (Razeto y Valdés, 2006). Contribuye a la síntesis proteica y forma parte de varios sistemas enzimático, así como también para la formación de lignina y suberina, cabe mencionar que es de gran importancia para la fotosíntesis. Es preciso indicar que, en hidroponía se evidencia una correlación entre el contenido de hierro y clorofila (Juárez et al., 2007).

1.5.8. Zinc (Zn)

López-Herrera et al. (2018) expresan que el zinc es considerado como un micronutriente importante en la síntesis de proteínas, metabolismo de carbohidratos, síntesis de auxinas, afecta la expresión y regulación de genes; así también interviene en los mecanismos de defensa; además está presente en todos los tipos de enzimas incluyendo oxidoreductasas, transferasas, hidrolasas, liasas, isomerasas y ligasas.

1.5.9. Manganeso (Mn)

Quiñones Bacca (2019) menciona que presenta una función como catalizador en el proceso de fotosíntesis y como enzima antioxidante; favorece el aprovechamiento de nitratos, así como también para la síntesis de vitaminas, aminoácidos, ATP y lignina; además de la activación hormonal y la división celular; adicionalmente contribuye a la asimilación del dióxido de carbono, activación de enzimas, metabolismo de lípidos, absorción y transporte de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio.

1.5.10. Boro (B)

Palomino Amorín (2006) menciona que el boro influye en el cultivo de fresa en los procesos de: polinización y cuajado, movimiento y utilización de glúcidos, regulación hormonal de las plantas, formación de paredes celulares, mantener la integridad de la membrana celular, regulación de actividades celulares, resistencia a enfermedades, implicado en el metabolismo de nitrógeno y fósforo, síntesis de bases nitrogenadas y el metabolismo del ARN y ADN.

1.6.Solución Steiner

La solución Steiner es una solución nutritiva, donde se encuentra disueltos los macro y micronutrientes esenciales para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas. La solución universal Steiner es un fertilizante, y se compone de macronutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), que son elementos más demandados en el desarrollo de los cultivos, y los micronutrientes como: cloro (Cl), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), boro (B), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn) y molibdeno (Mo), estos elementos son los que requiere menos cantidad la planta. Además, los macro y micronutrientes son minerales esenciales que necesitan las plantas ya que ayudan a completar su ciclo de crecimiento y desarrollo, también están involucrados en funciones metabólicas o

estructurales en las cuales no pueden ser remplazados. “Las plantas poseen un mínimo, óptimo y máximo de tolerancia para cada uno de los elementos nutritivos. Si es deficiente en algún elemento producen síntomas de deficiencia en las plantas que conlleva a que se detenga el crecimiento, causar fitotoxicidad por exceso de nutrientes o causar la muerte de las plantas” (Zárate Aquino, 2014).

En la Tabla 1 se describe las funciones específicas de cada elemento de una solución nutritiva.

Tabla 1.

Funciones de cada elemento en la planta.

Nutrientes	Función en la planta
Nitrógeno (N)	Forma parte de los aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos y clorofila.
Fosforo (P)	Constituye enzimas, ácidos nucleicos, fosfolípidos, glucosa y ATP.
Potasio (K)	Activador de enzimas y síntesis de proteínas.
Calcio (Ca)	Actúan como regulador del transporte de carbohidratos y forma parte de la estructura de la pared celular.
Magnesio (Mg)	Parte esencial de la molécula de clorofila.
Azufre (S)	Constituyente de aminoácidos y proteínas.
Hierro (Fe)	Encargado de la síntesis de clorofila y como portador de electrones en la fotosíntesis.
Manganeso (Mn)	Participa en la producción fotosintética de oxígeno a partir del agua y forma parte en la formación de clorofila.
Cobre (Cu)	Se involucra en la formación de la pared celular y es parte de algunas enzimas. También se encarga en el transporte de carbohidratos y viabilidad del polen.
Boro (B)	El molibdeno es un componente clave en dos enzimas que convierten el nitrato a nitrito, para luego transformarlo a amoníaco. Esto antes de usarlo para sintetizar aminoácidos dentro de la planta. Otra función del molibdeno en las plantas es convertir el fosforo inorgánico a formar orgánicas dentro de ellas.
Molibdeno (Mo)	Actúan como activador de enzimas para producción de oxígeno a partir del agua en la fotosíntesis.
Cloro (Cl)	

Fuente: Zárate Aquino, (2014).

1.7.Sistema hidropónico

Según Beltrano y Giménez (2015), la hidroponía es un grupo de técnicas en las que se pueden realizar cultivos en un medio libre del suelo; donde se produce principalmente plantas herbáceas; y se emplean sustratos y soluciones nutritivas; donde se consideran las diferentes necesidades de la planta en los aspectos nutricionales e hídricos; con estas técnicas es posible obtener altos rendimientos, excelente calidad y buena sanidad; con un uso eficiente de agua y nutrientes. Cabe mencionar que no es una técnica nueva, sino de uso ancestral, existiendo referencias de su empleo en las antiguas civilizaciones tales como Egipto, India, China y Maya; así como también en algunas tribus aledañas al lago Titicaca; es preciso mencionar que los Jardines Colgantes de Babilonia (unas de las siete maravillas del mundo antiguo) se consideran como uno de los primeros intentos exitosos de los cultivos hidropónicos.

El sistema hidropónico vertical es una alternativa de producción, tanto para los agricultores en sus terrenos, como para aquellos que no poseen áreas cultivables, como el caso de áreas urbanas, de tal manera que se logre una producción de alimentos de manera sustentable. Es preciso indicar que los sistemas verticales son una alternativa para optimizar el uso del suelo, prevenir la incidencia de plagas y enfermedades, obtener cosechas sanas; incrementar los rendimientos por planta y unidad de superficie, sin generar los problemas de contaminación por el uso indiscriminado de agroquímicos (Beltrano y Giménez, 2015).

En este sentido Cochi Rivas (2017) manifiesta que las principales ventajas que cuenta este tipo de cultivo en el caso de la fresa son:

- Costo de mano de obra reducido.
- Optimización de uso de agua.
- Disminución de insumos.
- Mayor densidad de plantación como en el suelo.
- No hay laboreo como en el suelo.
- Fruto firme.
- Facilidad de protección cuando están en invernadero.

- Mayor calidad de producción.
- Conseguir una producción unitaria más elevada.
- Disminuir gastos de operación en el cultivo.
- Excelente control de malezas.
- Mantener los cultivos en un ambiente fitosanitario bueno.
- Fácil mantención.

En lo que respecta a las desventajas Quirós Zúñiga (2011) mencionan las siguientes:

- No permite una repartición uniforme del agua.
- Los nutrientes los consumen primero las plantas de arriba y las de abajo les llega una solución de menor calidad.
- Las plantas tienden a hundirse en las bolsas cuando el sustrato se compacta.
- El riego es más complicado.

1.8.Sustratos

Pastor Sáez (2000), manifiesta que “el termino sustrato se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánicos y que son colocados en contenedores de forma pura o mezclados”. El sustrato se denomina un sólido inerte que cumplen funciones como: el anclaje radicular, protección de rayos solares, aireación, retención de agua y nutrientes en el cultivo hidropónico (Beltrano y Giménez, 2015).

López Ceja (2011) menciona que tanto la textura y estructura que brindan los componentes que conforma el sustrato han de permitir la circulación del aire por los microporos y de la solución nutritiva por los macroporos. Cabe mencionar que, son considerados como buenos aquellos sustratos que, del volumen total del sustrato, el agua debe constar entre el 20 y 60 %; mientras que el aire debe estar entre el 15 y 35%. Para cumplir con estas condiciones, que no todos los sustratos por si solos poseen, es imprescindible realizar mezclas; de tal manera que exista una complementación entre las falencias de unos y los beneficios de otros; para lo cual se deben considerar lo siguiente:

- Alta capacidad de aireación.
- Baratos o económicos.
- Buena capacidad de retención de humedad.
- De fácil acceso y disponibilidad.
- Excelente capacidad de drenaje.
- No pesados.
- Poseer propiedades de capilaridad.
- Propiedades físicas estables.
- Química y biológicamente inerte.

1.8.1. Características de los sustratos

Para elegir un sustrato óptimo, se debe considerar que sea químicamente inerte, que el de la planta no tome alimento alguno, que sea fácil de conseguir, de bajo costo, que no se descomponga o se desgaste con facilidad, que retenga humedad, que no sea salino, y que proporcione buena aireación a las raíces de la planta; para ello debe ser granulado y que no se compacte (Alpízar Antillón, 2004). Para las consideraciones que se deben tomar con la finalidad de realizar la elección de un sustrato óptimo, además de las mencionadas en el acápite anterior, son que este no se debe descomponer o desgastarse con facilidad y que no sea salino; para cumplir todas las condiciones los sustratos deben ser granulado además de no poseer la capacidad de compactación (Alpízar Antillón, 2004).

1.8.2. Propiedades físicas y químicas de los sustratos

Las características deseables en un sustrato incluyen características físicas vienen determinadas por la estructura interna de las partículas, su granulometría y el tipo de empaquetamiento. Entre ellas están: densidad real y aparente, distribución, granulométrica, porosidad, aireación, retención de agua, permeabilidad, distribución de tamaños de poros y estabilidad estructural (Pastor Sáez, 2000). Las propiedades químicas vienen definidas por la composición elemental de los materiales; éstas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución de este. Entre ellas se destacan: pH, capacidad tampón, contenido de nutrimentos y relación C/N. Adicionalmente otras cualidades como bajo costo, facilidad de mezcla, desinfección y alta disponibilidad (Flórez Faura y Mora Cabeza, 2010).

1.8.3. Tipos de sustratos

Beltrano y Giménez (2015), menciona dos tipos de sustratos (sustratos químicamente inertes y sustratos químicamente activos) son diferentes por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes. Los sustratos químicamente inertes se comportan como apoyo en la planta, no difiere en el desarrollo de absorción y fijación de nutrientes, ya que deben proporcionar por medio de una solución nutritiva, algunos de estos sustratos se enumeran a continuación:

- Arena granítica o sílicea.
- Grava.
- Roca volcánica.
- Perlita.
- Arcilla expandida.
- Lana de roca.

Por otra parte, los sustratos químicamente activos se comportan como depósito de reserva de nutrientes al añadir la fertilización, acumulándolos según las necesidades del cultivo, entre los de este tipo se encuentran:

- Turbas rubias y negras.
- Corteza de pino y eucalipto.
- Vermiculita.
- Materiales ligno-celulósicos.

1.8.3.1.Pomina

Gómez Sánchez y Vallejo Tipán (2015), indican que este sustrato es de origen volcánico, de coloración grisácea o blanca; cuyo origen es la espuma de los efluvios de lava, por lo que presenta una estructura caracterizada por la porosidad y por ser esponjosa. Este material está compuesto químicamente por silicio en forma de dióxido (SiO_2); así como también de aluminio en forma de trióxido (Al_2O_3); además de presentar cantidades reducidas de óxidos de hierro, calcio, magnesio y sodio; debido a esto se considera como un sustrato inerte y de reacción neutra. Este material posee una buena retención de humedad, estabilidad física y durabilidad, siendo un sustrato estéril. Este sustrato es usado posee partículas con diámetros que van desde los 1,5 a 3,1 mm, su porosidad le permite

absorber y retener agua haciendo que flote el material por el aire conteniendo en sus cavidades.

1.8.3.2.Cascarilla de arroz

En lo que respecta a este sustrato Gómez Sánchez y Vallejo Tipán (2015), hablan del subproducto de las trilladoras de la producción de arroz, considerado como material de desecho; la cascarilla de arroz presenta buenas condiciones para ser empleado como sustrato en los sistemas de cultivo hidropónicos. En lo que respecta a sus propiedades fisicoquímicas que lo hacen deseable son la porosidad y bajo peso, no se descompone con facilidad debido a que es un material ligno-celulósico con alto contenido de silicio; presenta una buena inercia química, sin embargo, no posee buenas características como retenedor de humedad. El costo principal de este material es el transporte.

Debido a que es un subproducto de la producción arroceras, donde pueden existir vestigios de este cereal Carrales et al. (2010) recomienda el lavado del sustrato para eliminar el almidón procedente de los granos de arroz, impidiendo fermentarse y no afecte a la asimilación de nutrientes o quemadoras de raíces del cultivo.

1.8.3.3.Fibra de coco

Carrales et al. (2010) habla sobre la fibra de coco como un subproducto industrial de origen tropical, que tiene un gran potencial a nivel mundial como sustrato hortícola para cultivos hidropónicos siendo un sustrato destacado por su elevada estabilidad y capacidad de retención de agua, así como una buena aireación. La fibra de coco es un sustrato rico en hormonas que estimulan raíces y proporcionan cierta protección contra las enfermedades radiculares y infecciones por hongos. Una de las ventajas de la fibra de coco es de mantener una mayor capacidad de oxígeno y retención de agua (Ramos, 2022). Además es un material de desecho de la industria cocotera, compuesto por la parte desechable de los residuos del mesocarpo después de aprovechar las fibras largas. La fibra de coco es una alternativa muy buena o un complemento de la turba, ya que con una granulometría adecuada tiene muy buenas características físicas, es un material orgánico, su descomposición es lenta debido al alto contenido de lignina, por lo cual mantiene sus propiedades con bastante estabilidad (Gómez Sánchez y Vallejo Tipán, 2015).

La fibra de coco es un material orgánico de lenta descomposición que resulta como subproducto de las plantaciones de coco de los países situados en los trópicos, como Sri Lanka, India, Filipinas, Costa de Marfil y México, entre otros. La turba de coco de mejor calidad es lavada con agua dulce, utilizar agua de mar produce malos resultados, debido a los altos contenidos de sales, cada vez hay más cultivos hortícolas en sustratos de fibra de coco existen pruebas realizadas principalmente, en cultivos bajo invernadero de rosas, pepinos, tomates, fresa entre otros (Salguero, 2018).

1.9. Manejo

Cedillo Portugal et al. (2019) mencionan que el manejo es parte de las labores culturales o prácticas culturales que se realizan después de la siembra, trasplante y antes de la cosecha; por su parte, tienen como objetivos favorecer el desarrollo, crecimiento, producción de las plantas cultivadas y realizar controles fitosanitarios. Por otro lado, Carrales et al. (2010) habla que el manejo es necesario para las plantas en sus primeras etapas de desarrollo, teniendo plantas sanas y fuertes lo cual sean garantía a la cosecha con buenos rendimientos en cantidad y calidad.

1.9.1. Trasplante

Rea Otuna (2012) menciona que en la propagación de fresa no se emplean las semillas, sino que se lo realiza de forma vegetativa; por lo que se obtienen las nuevas plantas de los estolones, los cuales se colocan en un semillero para que enraícen con un distanciamiento de 10 cm; transcurrido un tiempo de entre cinco a siete semanas se las transplanta al sitio definitivo, el cual previamente debe estar preparado y abonado. Al momento del trasplante se debe considerar que la tierra esté al nivel del cuello de la raíz y debe estar apisonada de tal manera que las plantas no sufran de estrés hídrico. Cabe mencionar que para realizar el trasplante se lo puede hacer con pan de tierra o a raíz desnuda. En este sentido Carrales et al. (2010) indica que “una vez que emergen las plántulas, es necesario colocar en un lugar óptimo para su crecimiento al momento que salen las cinco primeras hojas verdaderas”.

1.9.2. Riego

En los cultivos hidropónicos el riego se caracteriza por ser una fuente eficiente de ahorro de agua que consiste en suministrar la cantidad necesaria a la planta, para lo cual es

necesario contar con sistemas de riego que permitan suplir las necesidades respecto al agua; además de proporcionar la nutrición necesaria para el desarrollo de la planta. En este sentido se debe indicar que, los sistemas de riego influyen sobre la productividad y pueden ser de tipo manual (regadera) o tecnificado con el uso de controles automáticos (riego, pH, dosificación de nutrientes, conductividad eléctrica) (Carrales et al., 2010). Un sistema de riego suministra la cantidad necesaria de agua en el momento que se necesita humedad del sustrato, también posee un reservorio de agua (tanque), un sistema de tuberías, goteros y aspersores; la ubicación del reservorio depende del cultivo; se debe considerar si será por gravedad o con el empleo de bombas, de tal manera que se garantice la presión para los goteros. Los sistemas hidropónicos necesitan que se establezca un buen drenaje sobre todo los sustratos aumentando el rendimiento (Beltrano y Giménez, 2015).

1.9.3. Fertilización

Altamirano Hernández (2004) expresa que la fertilización balanceada en el cultivo de fresa es muy importante para alcanzar altos rendimientos y calidad de frutos; cabe mencionar que, los análisis de suelo y foliares, son una de las mejores herramientas para detectar el tipo de nutrientes y la respectiva cantidad que se debe aplicar; de tal manera que se logre el máximo potencial productivo del sistema.

Además, Núcleo Ambiental S. A. S. (2015) menciona que la fertilización depende de los siguientes factores: variedad de la planta, requerimientos del agua de riego. La fertilización es muy importante para las etapas del crecimiento de un cultivo, como también puede ser aportada por medio del sistema de riego seleccionado teniendo en cuenta los resultados de los análisis anteriormente mencionados, así como la tasa de absorción de nutrientes del cultivo según el estado de desarrollo para obtener alta calidad y rendimiento del fruto. Mientras Carrales et al. (2010) habla que la fertilización es la parte más importante en la hidroponía, ya que todos los elementos esenciales para las plantas se suministran disolviendo los nutrientes en el agua para preparar las soluciones que nutran durante todo el ciclo de la planta.

1.9.4. Estolonización

La producción de estolones comienza en la mayor parte de las variedades cuando los días tienden a superar las 12 horas luz, las más intensas con 15 horas y una temperatura de 22°

- 23° C, siempre que las plantas hayan cumplido en su momento sus exigencias en frío y que dispongan de suficiente cantidad de agua y elementos nutritivos (Altamirano Hernández, 2004); los estolones permiten una propagación vegetativa rápida y segura cuando desarrollan un buen sistema radicular con raíces ramificadas, los estolones se hacen independientes de la planta madre (Oliva y Oliva, 2018).

Las plantas hijas se originan en el segundo entrenudo y tienen la capacidad de producir sus propios estolones (Rodríguez-Bautista et al., 2012); así, una planta vigorosa puede producir de 10 a 15 estolones en la temporada de crecimiento y cada estolón puede producir de seis a ocho plantas hijas; por tanto, cada planta puede llegar a producir más de 100 plantas hijas durante una temporada, aunque algunas forman muy pocas. Las hijas, desarrolladas al principio del periodo de estolonización, alcanzan la madurez con anterioridad y mayor precocidad (Ruiz y Piedrahita, 2012).

“Las plantas que producen muchos estolones, si se dejan desarrollar, se debilitan excesivamente, dan una producción más limitada y frutos de menor tamaño, así como una demora de fructificación y un retraso en la emisión de estolones (Núcleo Ambiental S. A. S. 2015)”. Además, al ser estolón una manifestación de la actividad vegetativa, todas las operaciones que frenen su desarrollo, favorecen la producción de frutos, mientras que, al contener la floración y fructificación, favorece la producción de estolones (Altamirano Hernández, 2004).

1.9.5. Cosecha

Núcleo Ambiental S. A. S. (2015) manifiesta que la cosecha se realiza manualmente y en las primeras horas de la mañana para lo cual los operarios a cargo deben utilizar látex para disminuir los posibles daños mecánicos.

- **Recolección:** Tomar el fruto por el pedúnculo por debajo del cáliz entre dedos índice y medio; retirar girando para desprender la fruta. Con respecto a las condiciones organolépticas, el momento adecuado para la recolección, depende del propósito del cultivo (Herrera Pérez y Medina Ortíz, 2015). En cuanto a la calidad de coloración para la comercialización, el estándar para el producto nacional permite hasta 1/3 del fruto coloreado. Sin embargo, este parámetro de

calidad cambia de acuerdo con la normalidad de cada país o canal (Núcleo Ambiental S. A. S., 2015).

- Índice de madurez para fresas: los estados de madurez de cosecha, que permiten un manejo poscosecha ideal y así mantener la calidad de fruta y el éxito en la comercialización física química y fisiológica (Rodríguez et al., 2005); este parámetro tiene en cuenta el color del fruto para la determinación de la madurez (Núcleo Ambiental S. A. S., 2015).
- Selección: los frutos a recolectar dependen del nivel de maduración aceptado comercialmente que se define por el color que ha alcanzado la superficie del fruto, además la selección de los frutos que presentan el grado de maduración más adecuado con el objetivo de obtener la fruta en su punto de mayor calidad (Herrera Pérez y Medina Ortiz, 2015); así es necesario conocer los parámetros de calidad del país o la zona en la que se va a comercializar el producto (Núcleo Ambiental S. A. S., 2015).
- Clasificación: es ideal no llevar más de 5 a 8 kg en cada canastilla (las cuales han de ser preferiblemente plásticas pues causan menos daños mecánicos y son de fácil limpieza) (Núcleo Ambiental S. A. S., 2015).
- Empaque: los empaques más utilizados durante el proceso de cosecha son de plástico, tanto para consumo en fresco como industrial. Otro tipo de empaques para consumo en fresco pueden ser los de cartón comprimido o madera que se elaboran de acuerdo con el peso contenido (empaques para 250, 500, 1000 y 2000gr). Actualmente se ha innovado en el uso de empaques biodegradables, de mayor sostenibilidad y amigables con el medio ambiente (Núcleo Ambiental S. A. S., 2015).

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales y equipos

Para el desarrollo de la investigación se propuso emplear los materiales, equipos, instrumentos e insumos que se detallan a continuación.

2.1.1. Experimental biológico

- Variedad de fresa: Monterrey.

2.1.2. Campo

- Tanques de 200 litros.
- Baldes plásticos.
- Mangas vertical plásticas.
- Postes de madera.
- Bomba de fumigar.
- Balanza gramera.
- Calibrador.
- Flexómetro.
- Brixometro.
- Equipo de fumigación.
- Letreros.
- Alambre.
- Bomba de agua.
- Herramientas (Pala, Azadón, Tijera de podar).

2.1.3. Oficina

- Computadora.
- Impresora.
- Cámara fotográfica.
- Libro de campo.
- Material de escritorio.
- Material de transferencia.
- InfoStat/L 2017.

2.1.4. Insumos

En la Tabla 2 se observa la información respecto a los insumos aplicados para la producción de fresa en la presente investigación.

Tabla 2.

Insumos empleados para la producción de fresa variedad Monterrey.

Fertilizantes	
N (13%) - P ₂ O ₅ (43%) - K ₂ O (13%)	Nitrato de calcio (Ca(NO ₃) ₂)
N (15%) - P ₂ O ₅ (10%) - K ₂ O (15%)	Sulfato magnesio (MgSO ₄)
N (15%) - P ₂ O ₅ (5%) - K ₂ O (30%)	Nitrato de potasio (KN03)
N (7%) - P ₂ O ₅ (12%) - K ₂ O (40%)	Sulfato Potasio (K ₂ S04)
N (10%) - P ₂ O ₅ (52%) - K ₂ O (10%)	Ácido fosfórico (H ₃ PO ₄)
N (20%) - P ₂ O ₅ (20%) - K ₂ O (20%)	Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)
N (10%) - P ₂ O ₅ (10%) - K ₂ O (40%)	N(45%)
Fungicidas sistémicos y protectantes	
Dimethomorph + Chlorothalonil	Metalaxil + Propamocarb
Azoxystrobin + Tridemorph	Polyoxin
Insecticidas sistémicos y de contacto	
Diflubenzuron + Lambdacihalotrina	Spinetoram
Fipronil + Thiamethoxam	

2.2. Métodos

2.2.1. Localización del área de estudios

La presente investigación se realizó en la ubicación descrita en la Tabla 3.

Tabla 3.

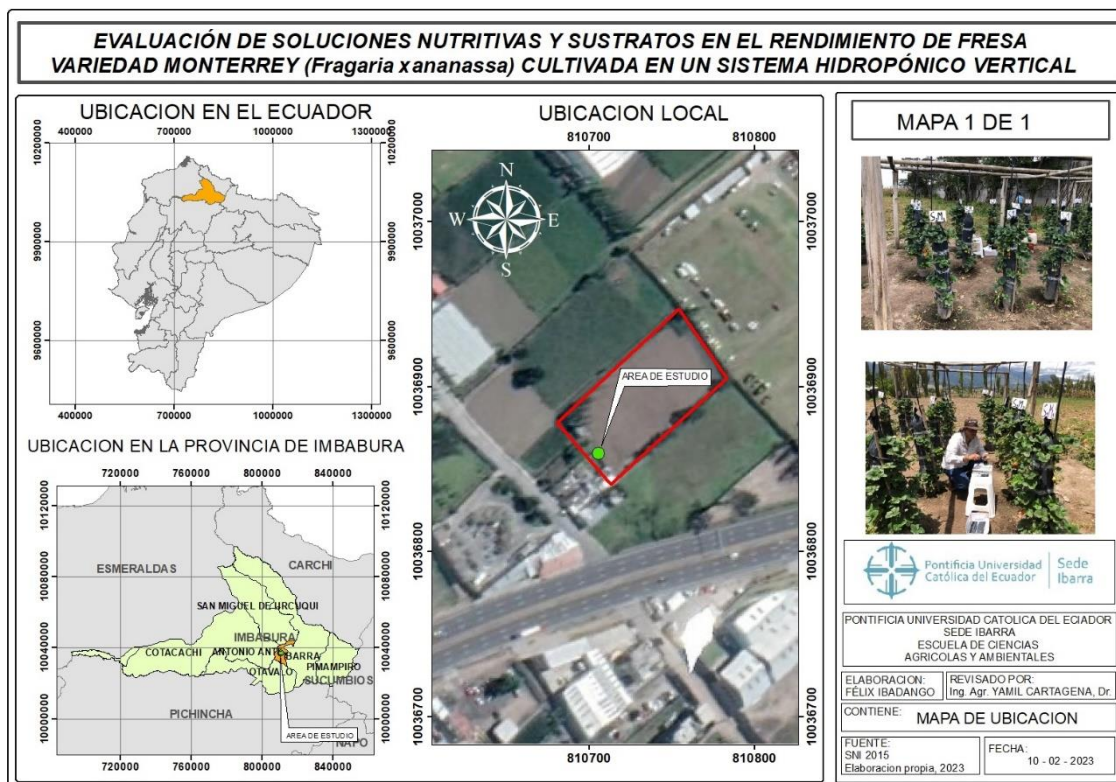
Ubicación del área de estudio.

Descripción	Ubicación
Provincia	Imbabura
Cantón	Antonio Ante
Parroquia	Atuntaqui
Sector	San Luis y Panamericana Sur
Altitud	2417.5 msnm
Latitud UTM	00°21'33" N
Longitud UTM	78°06'32" O

En la Figura 1 se presenta el mapa de ubicación del sitio de estudio.

Figura 1.

Mapa de ubicación.



2.2.2. Características del área de estudio

Las características del experimento tienen una humedad relativa promedio de 65 a 85% mientras que la duración de insolación puede ir entre 1000 - 2000 horas anuales; la temperatura media anual está comprendida entre 10 y 28°C mientras que la temperatura mínima desciende ocasionalmente a menos de 0°C y máximas no incrementan los 30°C dependiendo a su altura y exposición; la precipitación anual fluctúa de 500 y 1500 mm en dos estaciones lluviosas (febrero-mayo y octubre-noviembre) (GAD Municipal Antonio Ante, 2019).

2.2.3. Selección del lote

El ensayo, se ubicó en un lote plano, que tenía acceso al agua de riego, esté libre de malezas y sea seguro para establecer la estructura hidropónica, considerando lo sugerido González Álvarez (2020) y como se observa en el Anexo 1.

2.2.4. Preparación del sustrato

El sustrato que se empleó en el experimento se lo realizó considerando lo propuesto por Suarez Cruz (2022) y estará constituido por pomina, cascarilla de arroz y fibra de coco, para luego ser colocados en el sistema hidropónico vertical tal como se presenta en la Tabla 4 y Anexo 2 detallada a continuación:

Tabla 4.

Mezclas de sustratos en kilogramos.

Mezclas	Cascarilla de arroz	Fibra de coco	Pomina
m1	3,85	0,65	2,75
m2	0,48	5,22	2,75
m3	2,17	2,94	2,75

2.2.5. Lavado y desinfección del sustrato

Los sustratos pomina, cascarilla de arroz y fibra de coco se lavaron con agua para eliminar residuos químicos e impurezas, de la manera que se logró que los sustratos sean inertes, mientras que Rivera et al. (2010) manifiesta que se debe realizar la desinfección con una solución de Carboxim + Thiram a dosis de 2 g L⁻¹ como se aprecia en el Anexo 3.

2.2.6. Estructura hidropónica

Se construyó la estructura hidropónica vertical según lo indicado por Carpio Amézquita (2020), para lo que se instaló 10 postes de madera con una longitud de 2.50 m, donde se introdujo 0.50 cm en suelo. En el Anexo 4 se muestra el croquis de la estructura; además, se utilizó cuatro cañas guaduas con una longitud de 12 m, para colocar en la parte superior de la estructura que sirvió de apoyo en el sistema hidropónico vertical.

2.2.7. Colocación de las mangas hidropónicas verticales y sistema de riego

Se instaló las mangas verticalmente a una distancia de 1.20 x 1 m entre mangas, mientras que en el sistema de riego fue instalado y se colocó cuatro tanques plásticos de 200 litros. En la parte inferior de cada tanque se colocó una llave de salida, una bomba de agua eléctrica, un filtro y llaves de paso en cada solución nutritiva en el sistema hidropónico vertical tal como lo expresa Carpio Amézquita (2020) y se muestra en el Anexo 5.

2.2.8. Obtención de material vegetativo de variedades de fresa

En este estudio se utilizó la variedad Monterrey, esta plántula se adquirió de un distribuidor ubicado en la ciudad de Quito perteneciente a la provincia de Pichincha, como se muestra en el Anexo 6.

2.2.9. Trasplante

Se trasplantó 12 plantas en cada uno de los contenedores plásticos, previo al trasplante se mezcló en el agua de riego un enraizante a dosis de 5 g L^{-1} como indica en el Anexo 7, seguidamente se humedeció el sustrato y se procederá a colocar de forma manual cada planta en el hoyo del contenedor tal como lo indica Cochi Rivas (2017).

2.2.10. Fertirriego

La fertilización corresponde a cada tratamiento del sistema hidropónico vertical se realizó con una bomba de agua eléctrica a presión de 0.5 hp, donde se realizó tres riegos al día (Alveal y Campos, 2014). De acuerdo con la curva de absorción de nutrientes de la fresa. La solución se aplicó en un tanque de 200 litros – goteros a las respectivas plantas Anexo 8. El volumen de agua que se utilizó durante el ciclo del cultivo variará a medida que la planta se desarrolla y cumple las diferentes fases fenológicas. Además, Zaragoza (2013), menciona la aplicación de la solución nutritiva se debió controlar el pH (5.5 a 6.0), y la conductividad eléctrica que requiere la fresa (0.5 dS m^{-1} en la etapa inicial hasta 1 dS m^{-1} en las etapas de floración y fructificación).

2.2.11. Control de plagas y enfermedades

Se realizó un monitoreo frecuente tal como lo menciona Gómez Martínez (2006) con la finalidad de detectar la presencia de insectos y hongos, se utilizó una bomba de mochila a motor como se muestra en el Anexo 9 y productos químicos de franja verde, amarilla, y azul, de acuerdo con la dosis recomendada por la casa comercial en caso de ser necesario.

2.2.12. Podas de mantenimiento o sanitaria

En el Anexo 10 se muestra que durante el ciclo del cultivo se eliminó estolones, partes secas, viejas, improductivas y enfermas de la planta empleando una tijera de podar manual, actividades realizadas según lo expresado por Vázquez Gálvez et al. (2000).

2.2.13. Labores culturales y riego

Se usó un sistema de irrigación por goteo en el sistema hidropónico vertical, tal como los menciona Yauricasa Tornero (2019), los riegos fueron diarios y escalonados (7:00; 12:00 y 16:00 horas) aproximadamente Anexo 11.

2.2.14. Cosecha

Se realizó con base a lo expuesto por Cedillo Portugal et al. (2019) de forma manual, al momento en que el fruto llegue a su estado de madurez fisiológica, al momento en que el 50% de los frutos tomen un color rojizo, y se realizó cosechas escalonadas semanalmente hasta finalizar la cosecha Anexo 12.

Según, La Secretaria de Economía (2002), se clasificará en cuatro categorías extra-grande con un diámetro mayor de 40 mm; grande de 35 a 40 mm; mediana de 30 a 35 mm y pequeña de 25 a 30 mm de diámetro.

Los frutos recolectados se colocaron en cajas de cartón y tarrinas plásticas para una mejor conservación y transporte de la fruta que cumpla los parámetros de calidad, además los frutos deben estar sanos y libres de impurezas; el lugar de almacenamiento debía tener una temperatura de 13 – 14 °C.

2.3.Variable independiente

Se evaluó el efecto de las soluciones nutritivas y sustratos para el rendimiento en la variedad de fresa Monterrey (*Fragaria x ananassa* Duch.) en el sistema hidropónico vertical.

2.3.1. Factores en estudio

Los factores en estudio fueron:

Factor A: Soluciones nutritivas: Se utilizaron tres soluciones nutritivas (Tabla 5); cabe mencionar que para la formulación de las soluciones se consideró el análisis físico - químico del agua que empleara en el riego, tal como se muestra en el Anexo 13.

Tabla 5.

Soluciones nutritivas.

Soluciones	Nutrientes (kg ha ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
S1	250	60	400	70	50	150
S2	100	90	250	60	30	20
S3	60	30	40	30	20	30

Factor B: Mezcla de sustratos: Se evaluó tres mezclas de sustratos (Tabla 6); cabe mencionar que para su elaboración se consideró lo mencionado por Suarez Cruz (2022).

Tabla 6.

Mezcla de sustratos.

Mezclas	Sustratos (%)		
	Cascarilla de arroz	Fibra de coco	Pomina
M1	80	10	10
M2	10	80	10
M3	45	45	10

2.3.2. Unidad experimental

En la Tabla 7 y Anexos 14 - 16 se presenta las características del experimento.

Tabla 7.

Características del experimento.

Descripción	Unidad
Número de tratamientos	9
Número de repeticiones	4
Número de plantas por unidad experimental	12
Número de plantas por tratamiento	48
Número de plantas totales	432
Total de unidades experimentales	36
Área total	48 m ²

2.3.3. Tratamientos

De la combinación de las tres soluciones nutritivas y los tres sustratos se obtuvieron los nueve tratamientos en estudio, cuya información se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8.

Tratamientos en estudio.

Tratamiento	Código	Solución nutritiva	Sustratos
T1	S1M1	S1 (N: 250, P: 60, K: 400, Ca: 70, Mg: 50 y S: 150)	M1 (cascarilla de arroz 80%, fibra de coco 10% y pomina 10%)
T2	S1M2	S1 (N: 250, P: 60, K: 400, Ca: 70, Mg: 50 y S: 150)	M2 (cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%)
T3	S1M3	S1 (N: 250, P: 60, K: 400, Ca: 70, Mg: 50 y S: 150)	M3 (cascarilla de arroz 45%, fibra de coco 45% y pomina 10%)
T4	S2M1	S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20)	M1 (cascarilla de arroz 80%, fibra de coco 10% y pomina 10%)
T5	S2M2	S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20)	M2 (cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%)
T6	S2M3	S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20)	M3 (cascarilla de arroz 45%, fibra de coco 45% y pomina 10%)
T7	S3M1	S3 (N: 60, P: 30, K: 30, Ca: 60, Mg: 20 y S: 30)	M1 (cascarilla de arroz 80%, fibra de coco 10% y pomina 10%)
T8	S3M2	S3 (N: 60, P: 30, K: 30, Ca: 60, Mg: 20 y S: 30)	M2 (cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%)
T9	S3M3	S3 (N: 60, P: 30, K: 30, Ca: 60, Mg: 20 y S: 30)	M3 (cascarilla de arroz 45%, fibra de coco 45% y pomina 10%)

2.3.4. Diseño Experimental

En el presente estudio se aplicó el diseño experimental de parcelas divididas con nueve tratamientos y cuatro repeticiones, obteniéndose como total 36 unidades experimentales. En la parcela Grande (PG) se ubicó el factor soluciones nutritivas mientras en la subparcela (SP) se aplicará el factor sustratos tal como lo realizado por Ibadango (2017).

2.3.5. Análisis estadístico

Se realizó el siguiente análisis de varianza que se aprecia en la Tabla 9 basado en lo expresado por Aguirre y Vizcaíno (2010).

Tabla 9.

Esquema del análisis de la varianza.

Fuente de variación	Grado de libertad
Bloques	3
Soluciones nutritivas	2
Error A	6
Mezclas de sustratos	2
Soluciones Nutritivas x Sustratos	4
Error B	18
Total	35

2.3.6. Análisis funcional

El análisis de los datos se realizó utilizando el programa estadístico Infostat versión estudiantil versión 2017. Cabe recalcar que se realizó el análisis de varianza siempre y cuando se cumplieron los supuestos estadísticos de normalidad y homocedasticidad (homogeneidad de varianzas) mediante la prueba de Shapiro-Wilks y de Levene; caso contrario se realizará la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis tal como lo indican Aguirre y Vizcaíno (2010).

2.4. Variables dependientes

2.4.1. Porcentaje de prendimiento

Se evaluó una vez que las plantas estén trasplantadas y tengan un tiempo de adaptación de 30 días en el sistema hidropónico vertical, luego se contabilizará el número de plantas vivas en relación con el número total de plantas por cada unidad experimental, expresado en porcentaje, así como lo menciona Domínguez Rodríguez (2017).

2.4.2. Porcentaje de plantas a la cosecha

Una vez finalizada la cosecha se contabilizó el número de plantas de fresa en producción para luego ser calculados en porcentaje por hectárea, según lo expresado por Caizapasto Guachala (2020).

2.4.3. Número de estolones

Esta variable se determinó en conformidad con lo indicado por Rodríguez-Bautista et al. (2012) contabilizando el número de estolones por planta en el sistema hidropónico vertical, para luego ser expresados en promedio; cabe recalcar que luego de su conteo fueron removidos de la planta.

2.4.4. Número de frutos por planta

Mendoza Paredes (2015) menciona que el número de frutos por planta se determina contabilizando el total de frutos cosechado en el sistema hidropónico vertical.

2.4.5. Diámetro ecuatorial del fruto

Se midieron los diámetros ecuatoriales empleando un calibrador o pie de rey tal como lo menciona González Araiza (2014) y se lo expresó en centímetros, como se aprecia en el Anexo 17.

2.4.6. Rendimiento

Se pesó mediante una balanza gramera de marca Camry se obtuvo el peso de los frutos cosechados por planta, para luego ser expresados en gramos y transformados en gramos por planta tal como lo indican Casierra-Posada et al. (2011) y se visualiza en el Anexo 18.

2.4.7. Biomasa aérea

Para la evaluación de esta variable se consideró lo expresado por Alvarado Raya et al. (2022) donde se tomó la parte aérea de la planta de fresa (estolones, tallos, hojas y frutos) en el momento de la cosecha; posteriormente se colocó en bolsas de papel, previamente identificadas. Luego este material vegetal se introdujo dentro de una estufa de secado con ventilación forzada a una temperatura de 65°C, hasta obtener un peso constante. Se pesaron las muestras y los resultados se obtuvo en g plantas⁻¹ como se muestra en el Anexo 19.

2.4.8. Eficiencia del uso del agua

Se midió el rendimiento en cada tratamiento, y se dividió la cantidad de agua que se utilizó, se expresó en kg ha⁻¹ de rendimiento producido por cada centímetro de agua utilizado (riego más precipitación) tal como lo expresa Pazmiño (2019).

$$EUA = \frac{Y}{AC}$$

Dónde:

EUA = Eficiencia de uso del agua (kg m³).

Y = Rendimiento (kg ha⁻¹).

AC = Agua consumida (cm).

2.4.9. Sólidos solubles o grados Brix

En cada unidad experimental se tomó cuatro frutos al azar durante cada semana de cosecha y se procedió a la toma de datos con un medidor de grados brix; en el que se ubicó en el prisma 0,3 cc de sumo de fresa en estado de madurez, y se observó a través del lente los grados Brix como se observa en el Anexo 20.

Al respecto, Pazmiño (2019), menciona que la medición de los sólidos solubles totales o grados Brix de la fruta se basa en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 380, donde se establece la utilización de refractómetro para medir la concentración de sólidos solubles totales, mediante la refracción de luz al pasar por los cristales de azúcar.

2.4.10. Análisis económico

En este estudio los rendimientos de campo fueron analizados de acuerdo con el método económico Beneficio-Costo (B/C), como lo indica Rivadeneira Santacruz (2016), donde se registró los datos de los costos y beneficios de cada tratamiento.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de supuestos estadísticos

En la Tabla 10 se presentan los resultados de las pruebas de Levene y Shapiro -Wilks, la primera para comprobar la homogeneidad de las varianzas y la segunda para corroborar si los datos analizados presentan una distribución normal; donde se aprecia que la única variable que no presenta varianzas homogéneas fue el diámetro del fruto; mientras que las variables que se ajustan a la distribución normal fueron rendimiento, número de estolones, biomasa y uso eficiente del agua (UEA).

Tabla 10.

Supuestos estadísticos para las variables de fresa, variedad Monterrey.

Variable	Prueba de Levene		Prueba de Shapiro-Wilks (modificado)			
	Estadístico de Levene	Sig.	Datos naturales		Datos transformados (lnx+1)	
			W*	Sig.	W*	Sig.
Prendimiento	1,291	ns	0,890	**	0,870	**
Sobrevivencia	1,338	ns	0,880	**	0,870	**
Número de frutos	1,424	ns	0,890	**	0,970	ns
Rendimiento	2,004	ns	0,940	ns	-	-
Diámetro del fruto	4,184	**	0,790	**	0,870	**
Número de estolones	0,975	ns	0,980	ns	-	-
Grados Brix	1,442	ns	0,910	*	0,920	ns
Biomasa	1,985	ns	0,950	ns	-	-
UEA	2,015	ns	0,950	ns	-	-

** = Diferencia altamente significativa, * = Diferencia significativa, ns = no significativo.

De las variables que no presentaron significancia en la prueba de Shapiro - Wilks se realizaron transformaciones para lograr una distribución normal, siendo la transformación $\ln x+1$ la que presentó los mejores resultados; sin embargo, a pesar de emplear varias opciones de transformación las variables prendimiento, sobrevivencia diámetro del fruto nunca presentaron un ajuste normal, debido a que en las dos primeras variables se presentó una asimetría hacia la derecha y en la tercera variables esta asimetría fue hacia la izquierda.

3.2.Prendimiento

Al no cumplir con los supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de varianzas, no se realizó el análisis de varianza; sin embargo, se realizó la prueba de Kruskal Wallis que se presenta en la Tabla 11, en la que se observa que el valor de H obtenido es no significativo; es decir que en lo que respecta a esta variable se acepta la hipótesis nula de que los tratamientos investigados no afectan al cultivo de fresa. Cabe mencionar que, el coeficiente de variación fue de 9,23 que indica homogeneidad en el conjunto de datos; mientras que la media general de prendimiento fue de 81.02%.

Tabla 11.

Prueba de Kruskal Wallis para prendimiento de fresa, variedad Monterrey.

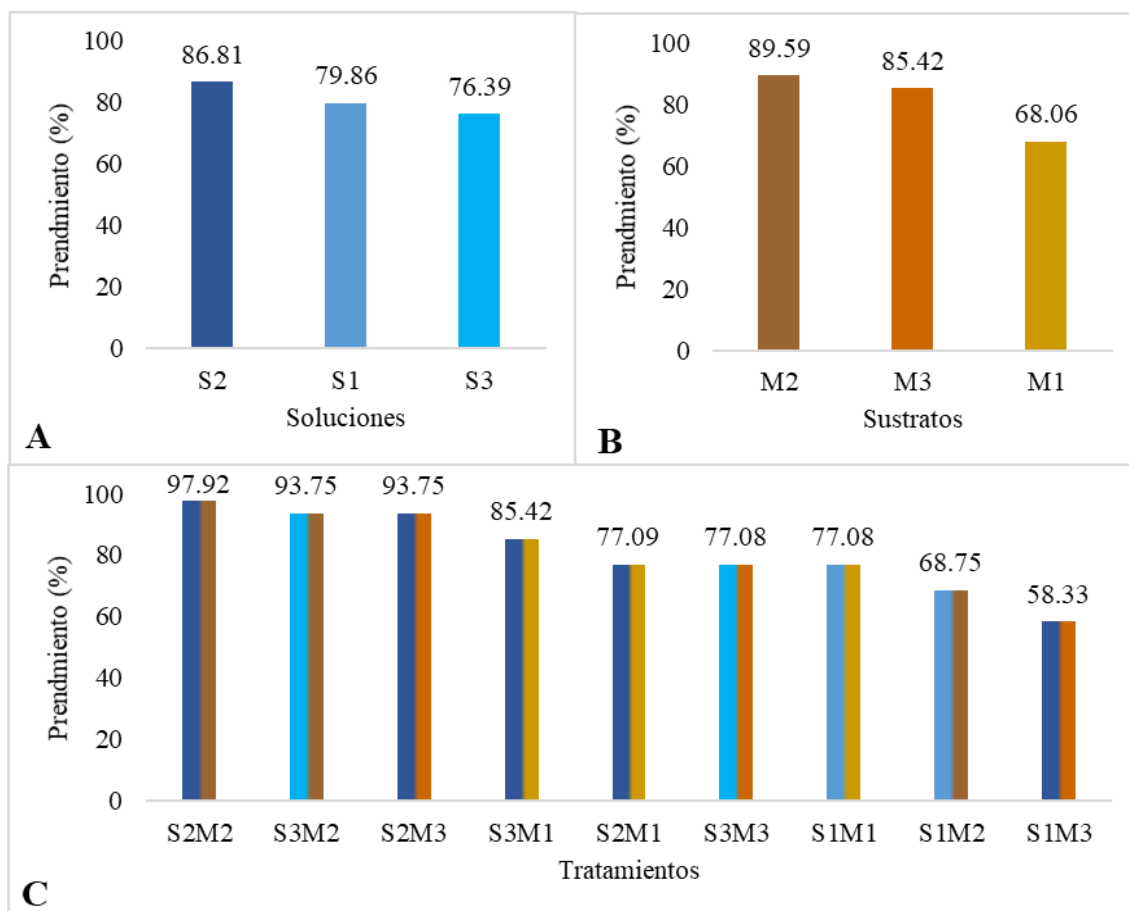
Solución	Sustrato	N	D.E.	Medianas	H	P
S1	M1	4	12,50	75,00		
S1	M2	4	9,62	83,34		
S1	M3	4	12,50	83,34		
S2	M1	4	8,34	83,33		
S2	M2	4	20,41	79,17	11,82	0,1393
S2	M3	4	15,96	91,67		
S3	M1	4	14,43	91,67		
S3	M2	4	6,81	91,67		
S3	M3	4	10,76	62,50		
CV (%)				9,23		
Media (%)				81,02		

En lo que respecta los valores medios para el factor solución que se presenta en la (Figura 2 A). se destaca la solución S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20), que con el 86.81% es la que presenta el mayor prendimiento. A su vez, en lo que concierne al factor sustratos (Figura 2 B) se observa que, el sustrato que presentó el menor prendimiento fue el M1 (cascarilla de arroz 80%, fibra de coco 10% y pomina 10%) con el 68.06%.

En lo referente a la interacción de sustratos × solución (Figura 2 C) se destaca el tratamiento S2M2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) que, con el 97.92% de prendimiento como el mejor tratamiento.

Figura 2.

Medias de la variable prendimiento para solución, sustrato y la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.



Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Yauricasa Tornero (2019) realizando una investigación en tres variedades de *Fragaria x ananasa*, registró en el sistema hidropónico vertical un prendimiento promedio del 93.33%; superior al registrado en la presente investigación; según el autor citado estos resultados se explican por el buen estado fisiológico y sanitario que presentaron las plántulas al momento del trasplante, ayudado por las condiciones ambientales y de humedad en el sustrato.

En este sentido se puede mencionar que los tratamientos que presentaron mayor fibra de coco son aquellos cuyo porcentaje es relativamente similar al registrado por Yauricasa Tornero (2019); cabe mencionar que este mayor prendimiento se puede deber a las características que posee la fibra de coco como retenedor de humedad, ya que como lo

menciona Pozo Pilay (2021), este material es comúnmente empleado para la elaboración de sustratos y es apreciado por su capacidad de retener humedad.

Por su parte Mejía Chiriboga (2017), en un sistema semi hidropónico en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura empleando un sustrato a base de cascarilla de arroz obtuvo un prendimiento de 47.22%; mientras que con una mezcla a base de pomina presentó el 54.17% valores inferiores a los obtenidos en la presente investigación, si bien los resultados son inferiores a los registrados en la presente investigación; posiblemente debido a que el cantón Antonio Ante, presenta una mayor altitud, menor temperatura y mayor humedad relativa lo que pudo influir en el comportamiento del prendimiento del cultivo.

3.3.Plantas a la cosecha

Similar a lo acontecido en la variable anterior, al no cumplir con los supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de varianzas, no se realizó el análisis de varianza; sin embargo, se realizó la prueba de Kruskal Wallis que se muestra en la Tabla 12, donde se evidencia que el valor de H obtenido es no significativo; es decir que en lo que se refiere a esta variable los tratamientos investigados no afectan al cultivo de fresa, por lo que se acepta la hipótesis nula. En lo referente al coeficiente de variación se registró un valor de 11.22 % que indica homogeneidad en los datos analizados; mientras que el prendimiento medio fue del 77.32%.

Tabla 12.

Prueba de Kruskal Wallis para plantas a la cosecha de fresa, variedad Monterrey.

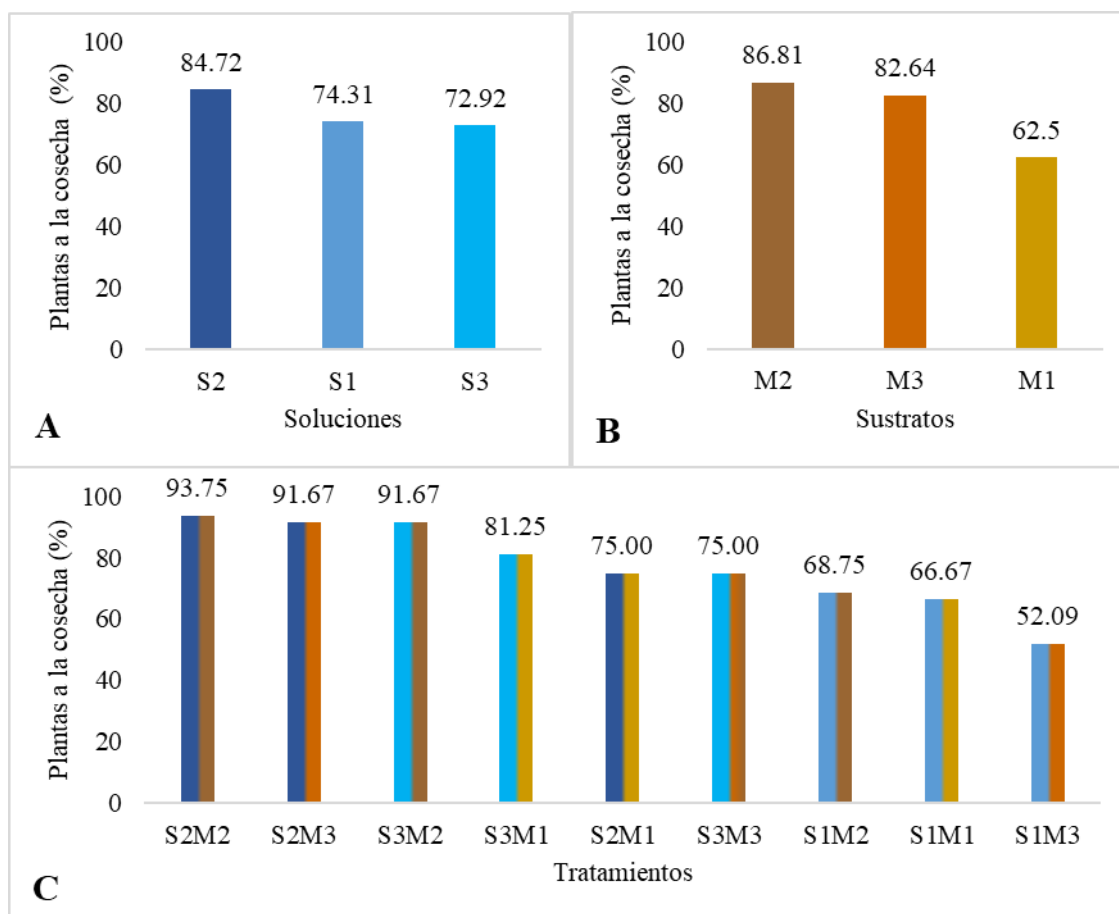
Solución	Sustrato	N	D.E.	Medianas	H	P
S1	M1	4	14,43	58,33		
S1	M2	4	14,43	79,17		
S1	M3	4	12,5	83,34		
S2	M1	4	7,98	79,17		
S2	M2	4	20,41	79,17	11,79	0,1344
S2	M3	4	14,23	87,5		
S3	M1	4	12,5	91,67		
S3	M2	4	10,76	87,5		
S3	M3	4	15,21	58,34		
CV (%)				11,22		
Media (%)				77,32		

Al respecto de las medias de sobrevivencia que se aprecian en la Figura 3 A, en lo que se refiere al factor solución se destaca entre las soluciones la S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20); que obtuvo una sobrevivencia de 84.72%. Por su parte, para sustratos, se observa que el sustrato M3 (cascarilla de arroz 45%, fibra de coco 45% y pomina 10%) presentó la sobrevivencia más baja alcanzando únicamente el 62.5% (Figura 3 B).

En lo que respecta a los tratamientos; es decir a la interacción sustrato \times solución (Figura 3 C), se destaca el tratamiento S2M1 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 80%, fibra de coco 10% y pomina 10%) que, con una sobrevivencia del 93.75% es el que presentó el mejor comportamiento en esta variable.

Figura 3.

Medias de la variable sobrevivencia para solución, sustrato y la interacción sustrato \times solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.



Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Huacón Coello (2020) determinó en su investigación sobre la producción hidropónica de la fresa empleando el sistema NFT, una sobrevivencia decreciente en todos los tratamientos investigados, donde el autor citado para la variable Monterrey registra el 75% a los 30 días y de tan solo 13.88% a los 75 días después del trasplante; valores inferiores a los registrados en la presente investigación, ya que la menor sobrevivencia registrada es de 52.09% valor que corresponde al tratamiento S1M1 (N: 250, P: 60, K: 400, Ca: 70, Mg: 50 y S: 150; cascarilla de arroz 80%, fibra de coco 10% y pomina 10%); mientras que la sobrevivencia promedio fue de 77.32%.

En lo que respecta a las soluciones, cabe mencionar que al sobresalir la solución S2, que posee un mayor contenido de fósforo, concuerda con lo mencionado por Gatiboni, (2003) que menciona que el este elemento es esencial para la sobrevivencia de las plantas, ya que se encuentra presente tanto en la estructura de la célula (ácidos nucleicos y fosfolípidos), así como también es indispensable para el metabolismo de las plantas.

3.4. Estolones

Al realizar el análisis de varianza del número de estolones, que se observa en la Tabla 13, se evidencia que existieron diferencias altamente significativas al 1% de probabilidad estadística, para la fuente de variación solución y sustrato; por el contrario, para la interacción solución \times sustrato las diferencias no fueron significativas al 5% de probabilidad.

Tabla 13.

Análisis de la varianza de número estolones en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios Nro. de Estolones
Bloque	3	22,06 **
Solución	2	3,89 **
Error tipo a	6	0,48
Sustrato	2	26,69 **
Sustrato*Solución	4	4,49 ns
Error tipo b	18	4,93
Total	35	
Coeficiente de variación (%)		25.55
Media (#)		8.70

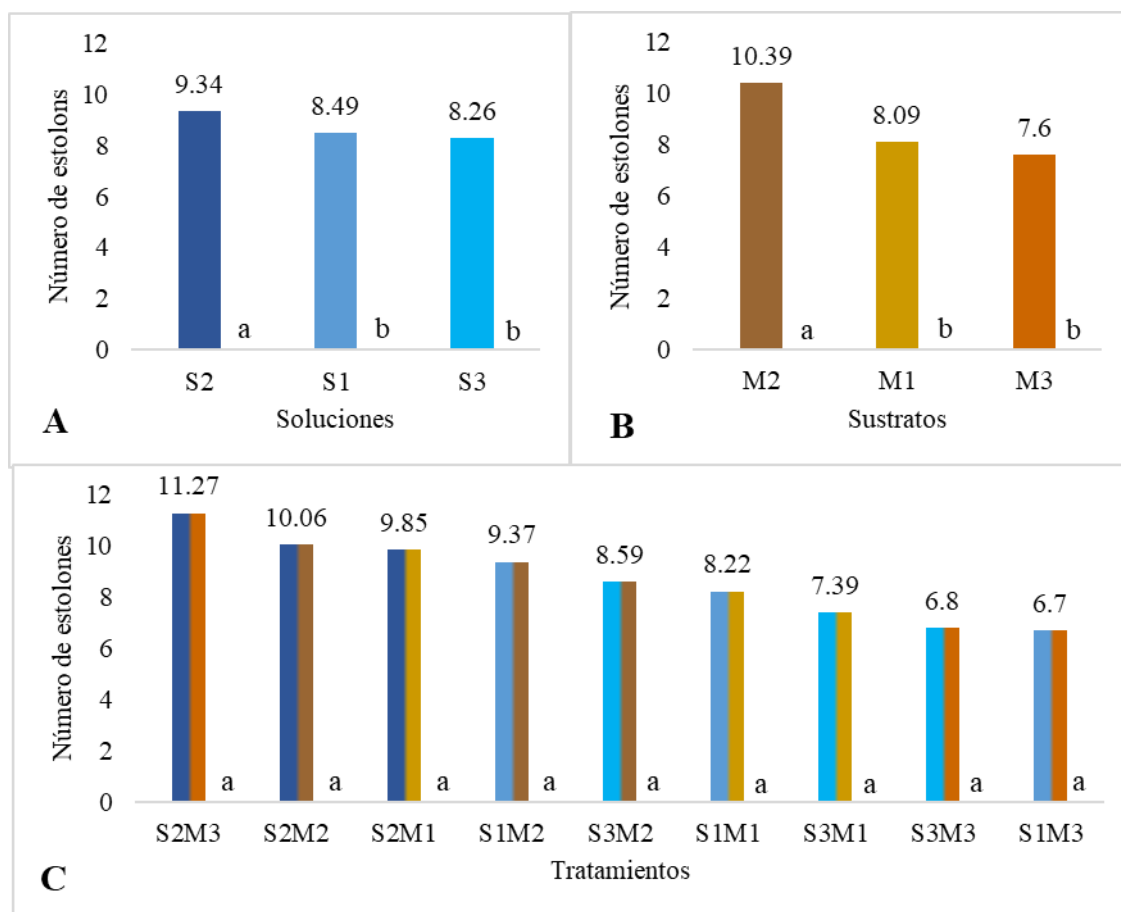
** = Diferencia altamente significativa, * = Diferencia significativa, ns = no significativo.

En cuanto al coeficiente de variación se determinó un valor de 25.55% que indica una relativa heterogeneidad; mientras que el número de estolones medio fue del 8.70 equivalente a nueve estolones por planta.

En la Figura 4 A se presenta la prueba de Tukey para los factores estudiados, donde para el factor solución se formaron dos rangos, destacándose la solución S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20), que, con un valor de 9.34 es la que presenta el mayor número de estolones. Mientras que, para el factor sustratos se formaron dos rangos, donde sobresale el sustrato M2 (cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) que con 10.39 estolones es el de mayor valor promedio (Figura 4 B).

Figura 4.

Prueba de Tukey para la variable número de estolones para solución, sustrato y la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.



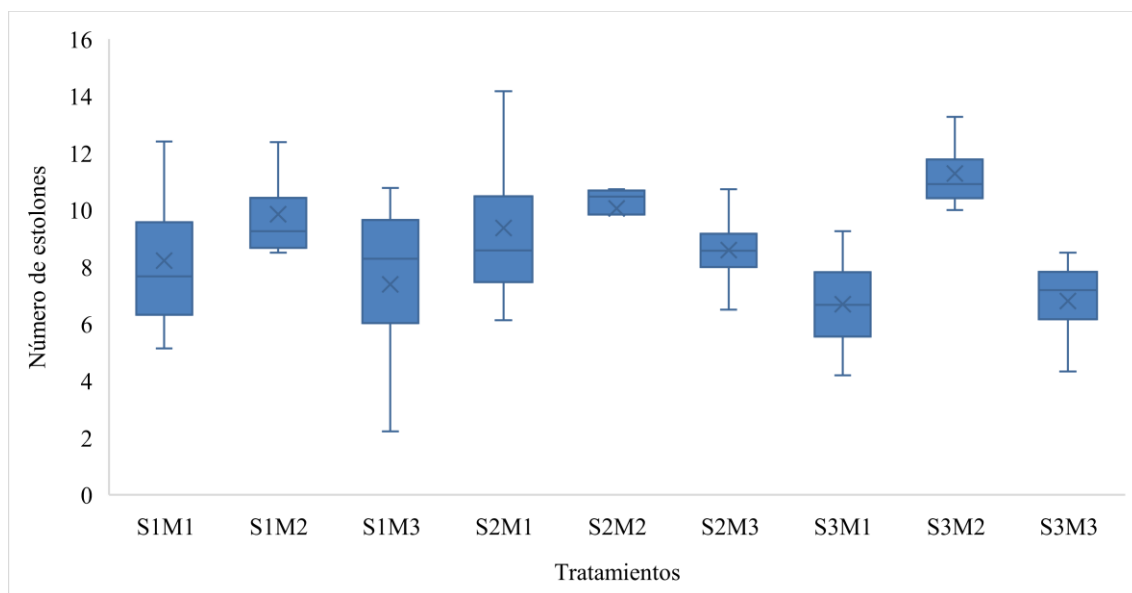
Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Así también, para la interacción de sustratos × solución en la que no se formaron rangos (Figura 4 C), sobresale el tratamiento S3M2 (N: 60, P: 30, K: 30, Ca: 60, Mg: 20 y S: 30; cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) que, con 11.27 estolones es el mejor tratamiento.

En la Figura 5 se presentan los valores promedios de estolones por planta, donde se aprecia que el tratamiento S3M2 (N: 60, P: 30, K: 30, Ca: 60, Mg: 20 y S: 30; cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) que con una media de 11.27 fue el que evidenció durante todo el periodo de producción analizado, con el mayor número de estolones. Cabe mencionar que, el tratamiento S2M2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 45%, fibra de coco 45% y pomina 10%), que se encuentra en el segundo lugar es el tratamiento que presentó una mayor homogeneidad en lo que respecta al número de estolones por planta. Es preciso indicar que el número promedio de estolones por planta en el ensayo fue de 8.70.

Figura 5.

Medias de número de número de estolones por planta en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.



Huacon Coello (2020) menciona que la poda de estolones es necesaria para garantizar la producción de fresa en los sistemas hidropónicos; cabe mencionar que los estolones pueden ser empleados para la propagación vegetativa. De igual manera Garcés Yugcha,

(2022) indica que los estolones deben removerse para elevar la productividad del cultivo de fresa; y su crecimiento tiene relación con la capacidad de crecimiento vinculado con el metabolismo de las plantas.

En este contexto es preciso mencionar que, al ser la solución S2, con mayor contenido de fósforo el efecto de este nutriente en la producción de estolones se relaciona con lo mencionado por Fernández (2007) quien manifiesta que este elemento tiene directa relación con el desarrollo radicular, y por ende al crecimiento de la planta. Esto en concordancia con lo mencionado por Molina (2014) quien indica que los fertilizantes ricos en fósforo y nitrógeno tienen un efecto positivo en la producción de estolones en *Fragaria vesca*. Por su parte Galindo-López et al. (2018), mencionan que el fósforo es importante en todos los procesos de transferencia de energía, como es la formación de estolones.

En lo que respecta a los sustratos Medina-Bolívar et al. (2016) mencionan que en sustratos con mayor contenido de fibra de coco presentaron una mayor área foliar y presencia de estolones, debido a la retención de humedad que presenta este material, siendo su uso recomendado para la producción hidropónica de fresa.

3.5. Número de frutos totales por planta

Con respecto al análisis de varianza número de frutos que se presenta en la Tabla 14, se evidencia que existieron diferencias significativas al 5% de probabilidad estadística para la fuente de variación solución, sustratos y la interacción solución × sustrato.

Tabla 14.

Análisis de la varianza de número de frutos en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios Nro. de Frutos
Bloque	3	0,38 *
Solución	2	0,42 *
Error tipo a	6	0,42
Sustrato	2	0,07 *
Sustrato*Solución	4	0,17 ns
Error tipo b	18	0,76
Total	35	
Coeficiente de variación (%)		8.89
Media (lnx+1)		4.28
Media (#)		30.29

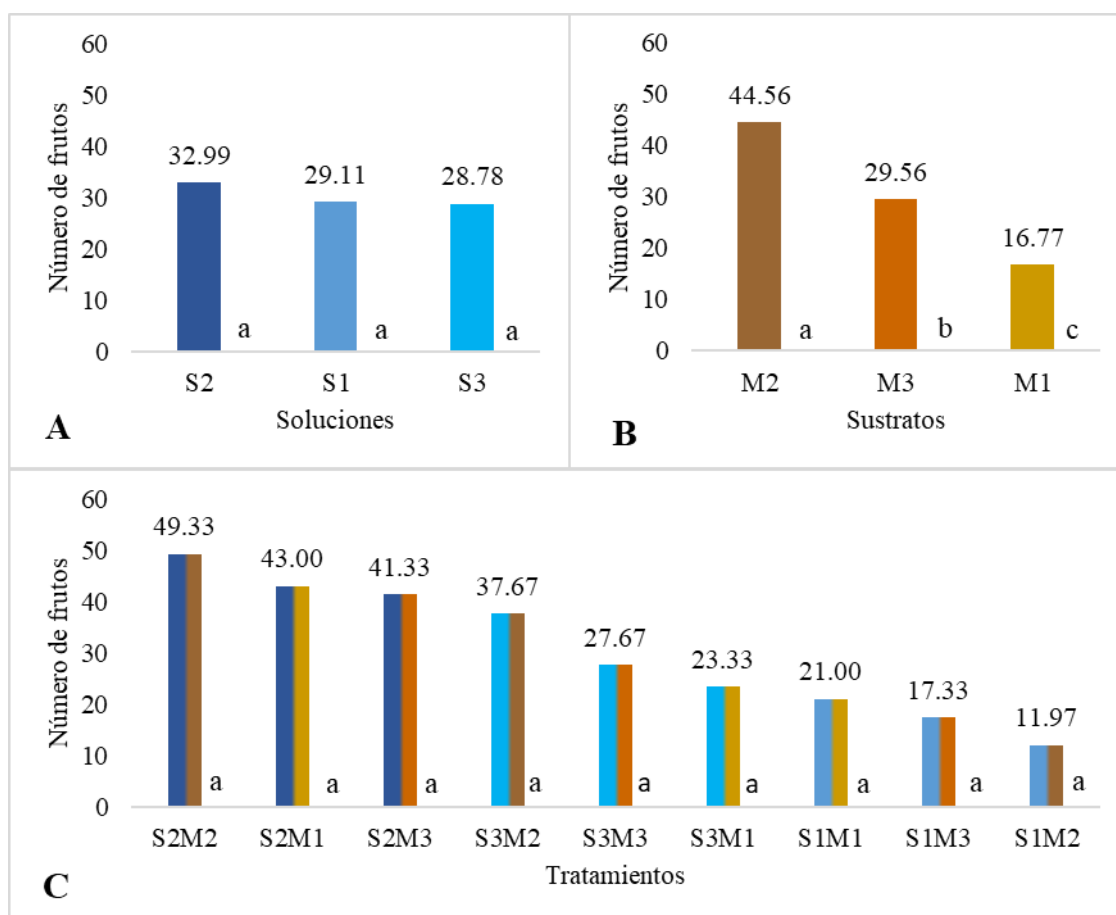
** = Diferencia altamente significativa, * = Diferencia significativa, ns = no significativo.

En cuanto al coeficiente de variación se determinó un valor de 8.89 % que permite inferir que existe homogeneidad en el conjunto de datos; por su parte el número de frutos medio fue del 30,29.

En cuanto a la prueba de Tukey para el factor solución que se observa en la Figura 6 A existe un solo rango; sin embargo, se destaca la solución S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20), que con 32.99 es la que presenta el mayor número de frutos.

Figura 6.

Prueba de Tukey para la variable número de frutos por planta para solución, sustrato y la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.



Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Mientras que para el factor sustratos (Figura 6 B), se formaron tres rangos, donde se observa que, el sustrato que presentó el mayor número de frutos fue el M2 (cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) con el 44.56; cabe mencionar que, los

resultados de este sustrato son aproximadamente tres veces mayores que el M1 (cascarilla de arroz 80%, fibra de coco 10% y pomina 10%) que es el único en el rango c y presentó la menor producción.

A su vez, para la interacción de sustratos × solución (Figura 6 C), no se formaron tres rangos; sin embargo, sobresale el tratamiento S2M2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) que, con 49.33 frutos es el mejor tratamiento, que es aproximadamente tres veces mayor que el tratamiento S2M1 S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 80%, fibra de coco 10% y pomina 10%), quien con 11.97 frutos obtuvo el menor valor.

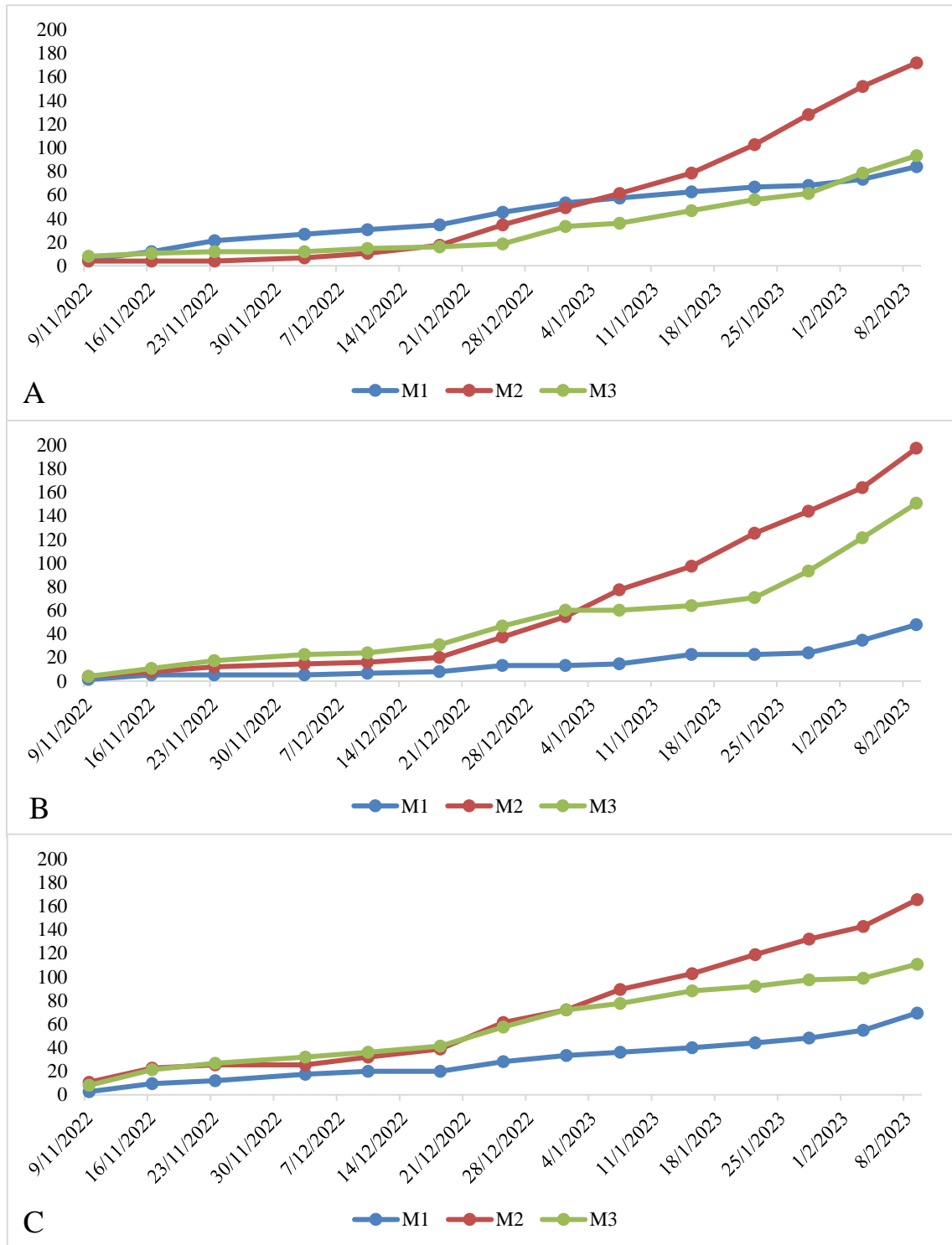
En la Figura 7 se presenta el compartimento productivo del cultivo de fresa en cada uno de los tratamientos investigados, donde se observa que casi todos los tratamientos incrementaron a partir de la octava medición; con picos máximos de producción entre la onceava y treceava medición; cabe mencionar el sustrato M2 (cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) en todas las soluciones es el que denota la mayor producción; mientras que el sustrato que presentó la menor producción fue el M1 (cascarilla de arroz 80%, fibra de coco 10% y pomina 10%).

Por su parte Yauricasa Tornero (2019), presenta un valor promedio de 10.69 frutos por planta en el sistema hidropónico vertical, valor inferior al registrado en la presente investigación de 30.29; esta discrepancia se puede deber al periodo de cosecha, que en la presente investigación fue de 14 semanas, mientras que el autor citado no menciona esta información; otra de las razones de esta variación de resultados, se puede deber a la variedad empleada en el presente estudio, así como también al efecto de los tratamientos investigados.

Medina-Bolívar et al. (2016) con un tiempo de evaluación de seis meses registró en la variedad Albión un promedio de 11,7 frutos/ planta en un sustrato a base de fibra de coco que es aproximadamente el doble de los frutos registrado en el sustrato a base cascarilla de arroz con 6,0 frutos. Si bien estos resultados son inferiores a los registrados en la presente investigación, se hace evidente el comportamiento del cultivo de fresa en sustratos a base de fibra de coco.

Figura 7.

Comportamiento productivo en lo que respecta al número de frutos, variedad Monterrey.



A. Solución 1, B. Solución 2, C. Solución 3.

A su vez, Molina (2014) menciona que el cultivo de fresa presenta un mayor número de frutos en fertilizantes que presentan una mayor proporción de fósforo y nitrógeno; tal como se evidencia en el presente estudio, donde los tratamientos con la solución S2 con mayor contenido de fósforo sobresalen.

3.6. Rendimiento de frutos

En el análisis de varianza del rendimiento de frutos que se presenta en la Tabla 15, se evidencia que existieron diferencias altamente significativas al 5% de probabilidad estadística, para las fuentes de variación sustrato mientras que, para la solución y la interacción solución \times sustrato no existieron diferencias significativas al 5% de probabilidad estadística. En cuanto al coeficiente de variación se determinó un valor de 20.83% que determina que existe heterogeneidad; mientras que el rendimiento medio fue del 171.77.

Tabla 15.

Análisis de la varianza rendimiento de frutos en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios Rendimiento
Bloque	3	7230,97 *
Solución	2	489,80 ns
Error tipo a	6	801,26
Sustrato	2	11466,34 **
Sustrato*Solución	4	3611,26 *
Error tipo b	18	1279,64
Total	35	
Coeficiente de variación (%)		20.83
Media (g)		171.77

** = Diferencia altamente significativa, * = Diferencia significativa, ns = no significativo.

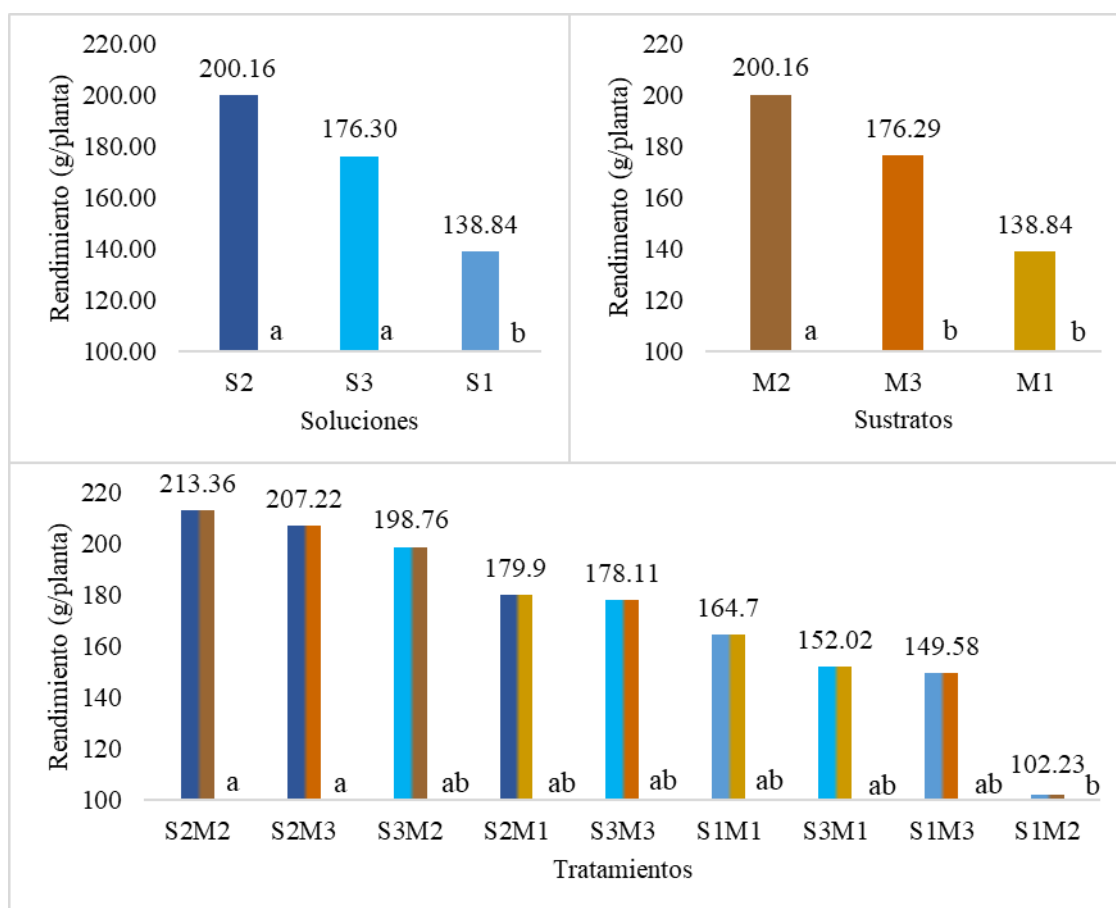
En lo que respecta a la prueba de Tukey que se presenta en la Figura 8 A en el factor solución se formaron dos rangos, donde se evidencia que la solución S1 (N: 250, P: 60, K: 400, Ca: 70, Mg: 50 y S: 150), que con 138,84 g por planta es la que presenta el menor rendimiento, siendo la única en el rango b. A su vez, en lo que concierne al factor sustratos (Figura 8 B), se formaron dos rangos, donde se observa que, el sustrato que presentó el

mayor rendimiento fue el M2 (cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) con el 220.16%, siendo el único en el rango a.

En lo que respecta a los tratamientos; es decir a la interacción sustrato \times solución (Figura 8 C), se formaron dos grupos, en los que se destaca el tratamiento S2M2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) que, con 213.36 g es el que presentó el mejor comportamiento en esta variable.

Figura 8.

Prueba de Tukey para la variable rendimiento de frutos para solución, sustrato y la interacción sustrato \times solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.



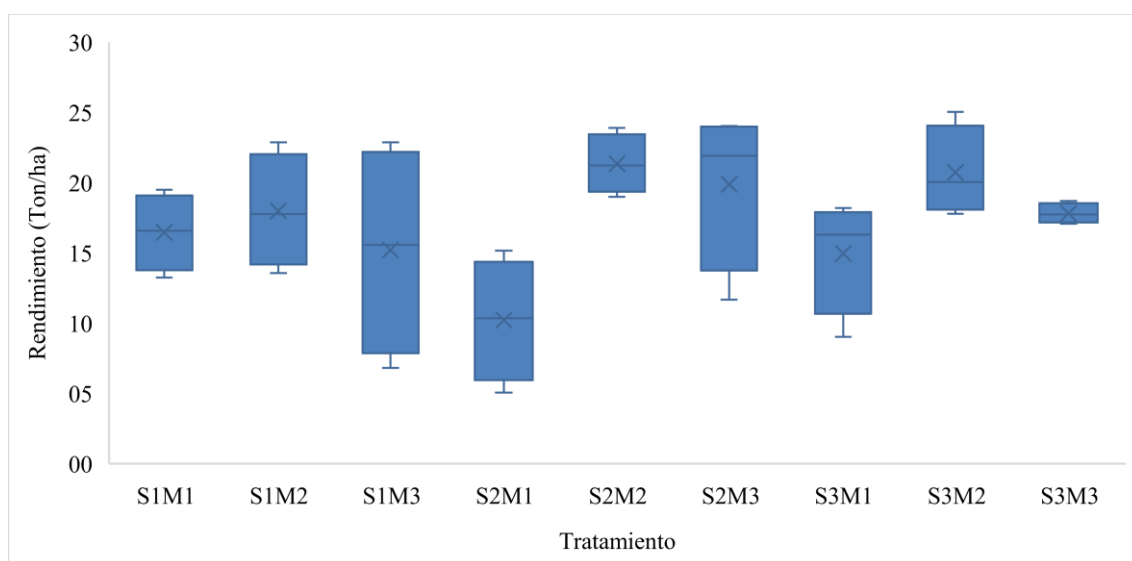
Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

En la Figura 9 se presentan el rendimiento de los tratamientos expresados en ton/ha. donde se evidencia que el tratamiento que registra una mayor heterogeneidad es el S1M3 (N:

250, P: 60, K: 400, Ca: 70, Mg: 50 y S: 150; cascarilla de arroz 45%, fibra de coco 45% y pomina 10%); mientras que el tratamiento que evidencia mayor homogeneidad es el S3M3 (N: 60, P: 30, K: 30, Ca: 60, Mg: 20 y S: 30; cascarilla de arroz 45%, fibra de coco 45% y pomina 10%); cabe mencionar que el rendimiento promedio de todo el ensayo fue de 17.2 Ton/ha.

Figura 9.

Medias de rendimiento por tratamiento expresado en toneladas por hectárea del cultivo de fresa, variedad Monterrey.



FAO (2023) registra un rendimiento promedio a nivel mundial de 19.56 Ton/ha. valor superior al registrado en la presente investigación; sin embargo; a nivel país, según la información de la misma organización indica un rendimiento de 14.20 Ton/ha. es decir que la producción registrada en la presente investigación es superior a la producción de Ecuador.

Galindo-López et al. (2018) mencionan que la aplicación de fertilizantes con un alto contenido de fósforo puede incrementar en hasta un 32% la producción de frutos en el cultivo de fresa, variedad Albión; lo que ratifica lo registrado en la presente investigación donde se obtuvo una mayor producción en la solución S2, con mayor contenido de fósforo. En este contexto Mahecha Molina et al. (2019) expresan que si el fósforo es deficiente cae la producción de fresa y esta puede reducirse hasta en un 50%.

Medina-Bolívar et al. (2016) mencionan que el rendimiento del cultivo de fresa variedad Albión es 70,33 g/ planta en un sustrato a base de fibra de coco; mientras que en un sustrato a base de cascarilla de arroz la producción fue de 43,88 g. si bien estos resultados son menores a los registrados en la presente investigación, posiblemente debido a la variedad de fresa empleada, se puede apreciar que los sustratos con fibra de coco presentan mejores rendimientos en la producción de fresa. En este sentido López-Pérez et al. (2005), expresan que la fibra de coco, mezclada con otros sustratos como arena o pomina permiten a las plantas tener un buen anclaje y agua disponible, siendo uno de los sustratos ideales para el cultivo de fresa.

3.7. Diámetro promedio de frutos

Debido a que en esta variable no se cumplieron con los supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de varianzas, no se realizó el análisis de varianzas; sin embargo, se realizó la prueba de Kruskal Wallis que se muestra en la Tabla 16, donde se evidencia que el valor de H obtenido es no significativo; es decir que en lo que se refiere a esta variable los tratamientos investigados no afectan al cultivo de fresa, por lo que se acepta la hipótesis nula. En cuanto al coeficiente de variación se determinó un valor de 13.07 % que indica una relativa homogeneidad; mientras que el diámetro promedio fue del 3.35%.

Tabla 16.

Prueba de Kruskal Wallis para diámetro promedio de frutos de fresa, variedad Monterrey.

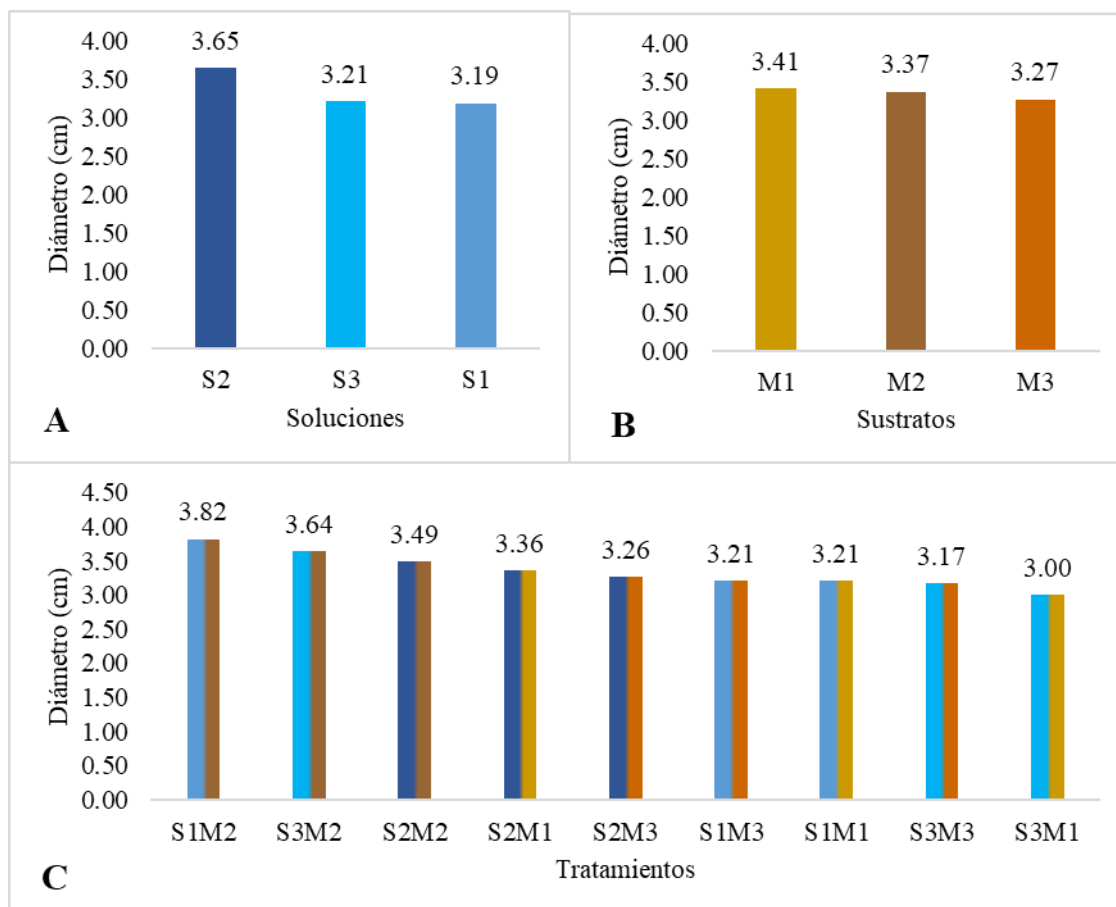
Solución	Sustrato	N	D.E.	Medianas	H	P
S1	M1	4	0,26	3,27		
S1	M2	4	0,16	3,26		
S1	M3	4	0,1	3,36		
S2	M1	4	0,39	2,93		
S2	M2	4	1,12	3,27	8,32	0,4008
S2	M3	4	0,11	3,39		
S3	M1	4	0,35	3,42		
S3	M2	4	0,46	3,46		
S3	M3	4	0,12	3,18		
CV (%)				13,07		
Media (cm)				3,35		

En lo que se refiere a los valores medios de diámetro de frutos que se presenta en la Figura 10 A en el factor solución se destaca la solución S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20), que con 3,65 cm es la que presenta el mayor diámetro promedio. De igual manera en lo que concierne a sustratos se aprecia que (Figura 10 B), el sustrato que presentó el mayor diámetro fue el M1 (cascarilla de arroz 80%, fibra de coco 10% y pomina 10%) con un promedio de 3.41 cm.

Así mismo, en cuanto a los tratamientos; es decir a la interacción sustrato \times solución (Figura 10 C), se destaca el tratamiento S2M1 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 80%, fibra de coco 10% y pomina 10%) que con 3.82 cm es la de mayor diámetro promedio.

Figura 10.

Medias de la variable diámetro promedio de frutos para solución, sustrato y la interacción sustrato \times solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.



Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Huacón Coello (2020) menciona en su estudio sobre el cultivo hidropónico de fresa que la variedad Monterrey tuvo a los 60 días de trasplante un diámetro promedio de 3.05 cm, valor inferior al registrado en la presente investigación que fue de 3.35; esta diferencia probablemente se deba a que la temperatura en la que se estableció el ensayo fue de 26.5°C, mientras que en la presente investigación el sitio de estudio posee una temperatura promedio de 16.2°C, esto concuerda con lo mencionado por Chang y Rodríguez (2015) quienes expresan que entre los 12.5 y 16 °C la producción de frutos en fresa es mejor; mientras que Hidalgo Trejo (2016) indica que la temperatura óptima para la producción de fresa es entre 15 y 20 °C.

Galindo-López et al. (2018) mencionan que a mayores niveles de fósforo se evidencia una mayor producción de frutos, así como también, se evidencia un mayor diámetro ecuatorial, debido a que el fósforo, debido a que, a parte del metabolismo e indispensable para los compuestos relacionados a la base genética. Así también, Mahecha Molina et al. (2019) indican que cuando el fósforo es deficitario los frutos se presentan más pequeños y se retarda el proceso de maduración. Por otra parte, Guerrero-Guerrero (2020) en la presente investigación de sustratos en un sistema hidropónico en el cultivo de fresa variedad Albión, menciona que el diámetro es un indicador importante de calidad de la fruta, mostrando un valor significativo al utilizar el sustrato fibra de coco al 100% que muestra un diámetro de fruto de 4,30 cm respectivamente, valor superior al registrado en la presente investigación, debido posiblemente a la variedad; sin embargo se evidencia que los sustratos a base de fibra de coco son aptos para el cultivo de fresa.

3.8. Grados Brix

En la Tabla 17 se presenta el análisis de varianza grados Brix, donde se evidencia que existieron diferencias altamente significativas al 1% de probabilidad estadística, para las fuentes de variación solución, mientras que estas diferencias solo fueron significativas al 5% de probabilidad estadística para sustrato; por el contrario, en lo que se refiere a la interacción solución × sustrato no se registraron diferencias estadísticas al 5% de probabilidad estadística. En lo que se refiere al coeficiente de variación se determinó un valor de 4.69 % que permite aseverar que existe homogeneidad en esta variable; mientras que el valor medio fue del 8.42°.

Tabla 17.*Análisis de la varianza de grados Brix en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.*

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios Grados Brix
Bloque	3	0,010 **
Solución	2	0,0039 **
Error tipo a	6	0,02
Sustrato	2	0,04 *
Sustrato*Solución	4	0,02 ns
Error tipo b	18	0,01
Total	35	
Coeficiente de variación (%)		8.89
Media (lnx+1)		2.20
Media (°Brix)		8.42

** = Diferencia altamente significativa, * = Diferencia significativa, ns = no significativo.

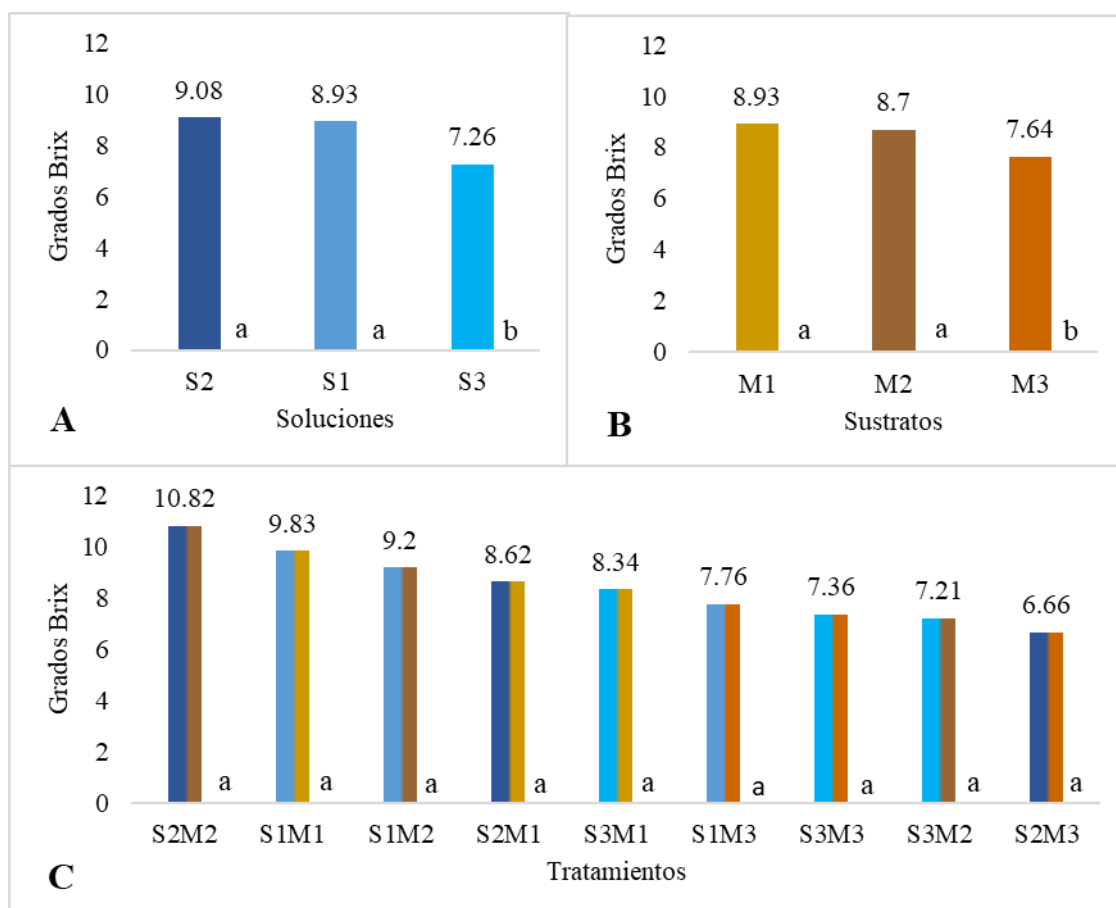
En cuanto a la prueba de Tukey que se observa en la Figura 11, en el factor solución se formaron dos rangos, donde la solución S3 (N: 60, P: 30, K: 30, Ca: 60, Mg: 20 y S: 30), que con 7.26 es la que presenta el menor valor de grados. Mientras que, para el factor sustratos (Figura 11 B), donde se formaron dos rangos, y se puede observar que el sustrato que presentó el menor promedio de grados Brix fue el M3 (cascarilla de arroz 45%, fibra de coco 45% y pomina 10%) con 7.64 siendo el único en el rango b.

En lo que respecta a los tratamientos (Figura 11 C); no se formaron rangos; no obstante, sobresale el tratamiento S2M2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) que 10.82, es el que presentó el mayor promedio de grados Brix.

Por su parte Inga Aguagallo (2021) menciona en su estudio sobre la producción de fresa en dos sistemas hidropónicos que la variedad Monterrey registró un valor de 11.39 de sólidos solubles, es decir grados brix, valor superior al calculado en la presente investigación; sin embargo se debe recalcar que el tratamiento que se acerca al valor mencionado por el autor citado es el S2M2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%), por lo que se puede inferir que la interacción de un sustrato con mayor fibra de coco, que como se ha mencionado retiene humedad, una solución nutritiva equilibrada, y con un alto contenido de fósforo presentan una mayor concentración de sólidos solubles.

Figura 11.

Prueba de Tukey para la variable grados Brix para solución, sustrato y la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.



Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Lo antes mencionado guarda relación a lo descrito por Estrada-Ortiz et al. (2011) quienes concluyen que la adición del fósforo en la solución nutritiva estimula la acumulación de biomoléculas, como es el caso de sólidos solubles, en la producción de fresa en la etapa de fructificación. Así también con lo mencionado por Galindo-López et al. (2018) quienes expresan que el fósforo desempeña un papel importante en el almacenamiento de los compuestos fotoasimilados, por ende, en la producción de frutos con mayores concentraciones de azúcares y otras biomoléculas. Relacionado con lo antes mencionado Mahecha Molina et al. (2019) indican que en los casos donde existe déficit de fósforo los frutos de *Fragaria vesca* son más ácidos.

Por su parte Rivera del Rio (2016) determinó en su investigación valores de grados Brix de 8,26 y 8,18 para sustratos a base de fibra de coco nuevos y usados respectivamente ligeramente superior a los registrados por otros sustratos como perlita, debido a que la fibra de coco es uno de los sustratos más eficientes tanto en el almacenamiento como la retención y disposición del agua para la absorción de las plantas.

3.9. Biomasa

Al realizar el análisis de varianza de la biomasa de las plantas que se presente en la Tabla 18, se observa que no existieron diferencias significativas al 5% de probabilidad estadística, para la interacción sustrato \times solución; mientras que para las fuentes de variación solución y sustratos existen diferencias altamente significativas al 1% de probabilidad estadística. En lo referente al coeficiente de variación se registró un valor de 9.04 % que indica homogeneidad en los datos analizados; mientras que la biomasa media fue de 15.78 g.

Tabla 18.

Análisis de la varianza de Biomasa en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios Biomasa
Bloque	3	4.77 ns
Solución	2	61.55 **
Error tipo a	6	2.15
Sustrato	2	69.79 **
Sustrato*Solución	4	2.90 ns
Error tipo b	18	2.03
Total	35	
Coeficiente de variación (%)		9.04
Media (g)		15.78

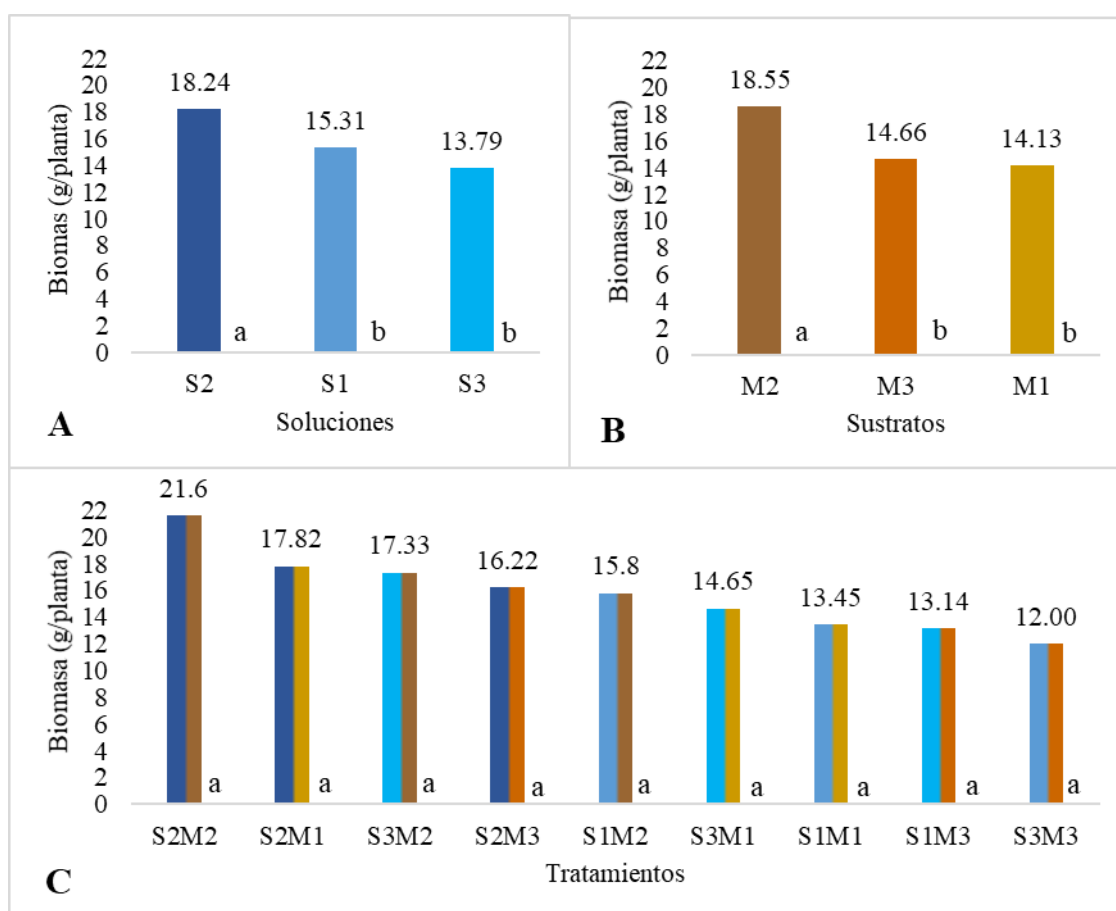
** = Diferencia altamente significativa, * = Diferencia significativa, ns = no significativo.

Al efectuar la prueba de Tukey que se observa en la Figura 12, para el factor solución se formaron dos rangos; donde se destaca entre las soluciones la S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20); que obtuvo una biomasa de 18.24. Por su parte, para sustratos (Figura 12 B), se formaron dos grupos, donde se aprecia que el sustrato M2 (cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) es el único en el rango a, y presentó la biomasa más alta con 18.55 g.

En lo que respecta a los tratamientos; es decir a la interacción sustrato \times solución (Figura 12 C), no se formaron grupos; sin embargo, se destaca el tratamiento S2M2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) que, con una biomasa de 21.6 g. es el que presentó el mejor comportamiento en esta variable.

Figura 12.

Prueba de Tukey para la variable biomasa para solución, sustrato y la interacción sustrato \times solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.



Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

En lo que respecta a la biomasa, también denominada materia seca, Olvera Cruz (2016) determinó en un sistema hidropónico abierto convencional un promedio para la variedad Monterrey de 5,50 g/planta a los 93 días después del trasplante; valor muy por debajo del obtenido en la presente investigación de 15,18; esto se debe a que en el presente estudio se evaluó la biomasa a los 208 días después del trasplante, donde las plantas presentaron

un mayor desarrollo. Por su parte Alvarado Raya et al. (2022) determinaron un valor de 14.25 g/planta para plantas de fresa a los 239 días valores similares al presente estudio debido a que las edades también son similares.

Galindo-López et al. (2018) mencionan el fósforo presenta una relación directa en el aumento de biomasa, esto debido a que a que este elemento participa en la producción, transporte, distribución y acumulación de fotoasimilados, a partir de la fotosíntesis; lo que se relaciona con el comportamiento del cultivo de fresa que presentó una mayor biomasa con la solución S2, con mayor concentración de fósforo.

Medina-Bolívar et al. (2016) a los seis meses de producción hidropónica de fresa variedad Albión reportan un peso de materia seca de 124,7 g para el sustrato a base de fibra de coco; mientras que en sustrato a base de cascarilla de arroz registró un peso de 36,73 g; estos resultados difieren con los obtenidos en la presente investigación, esto debido probablemente a dos factores, el primero la variedad así como también el manejo, debido a que en la investigación citada no se menciona la poda de estolones, que si se realizó en el presente estudio. Sin embargo, se debe destacar que en las dos investigaciones sobresale el sustrato con mayor concentración de fibra de coco, siendo los que obtuvieron los mejores rendimientos.

3.10. Uso eficiente del agua (UEA)

Al realizar el análisis de varianza del número de estolones, que se observa en la Tabla 19, se evidencia que existieron diferencias altamente significativas al 1% de probabilidad estadística, para la fuente de variación solución y sustratos; por el contrario, para la interacción solución × sustrato no se registran diferencias significativas al 5% de probabilidad. En cuanto al coeficiente de variación se determinó un valor de 9.1% que indica una relativa heterogeneidad; mientras que el UEA medio fue del 0.61 Kg/m³.

Tabla 19.

Análisis de la varianza de uso eficiente del agua en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios UEA
Bloque	3	0.01 ns
Solución	2	0.09 **
Error tipo a	6	0.0031
Sustrato	2	0.10 **
Sustrato*Solución	4	0.0042 ns
Error tipo b	18	0.003
Total	35	
Coeficiente de variación (%)		9.1
Media (Kg/m ³)		0.61

** = Diferencia altamente significativa, * = Diferencia significativa, ns = no significativo.

En la Figura 13 A se presenta la prueba de Tukey para el factor solución se formaron dos rangos, donde se destaca la solución S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20), que, con un valor de 0.70 Kg/m³ es la que presenta el mayor UEA. Así también, para el factor sustratos se formaron dos rangos (Figura 13 B), donde sobresale el sustrato M2 (cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) que con 0.71 Kg/m³ es el de mayor valor promedio de UEA.

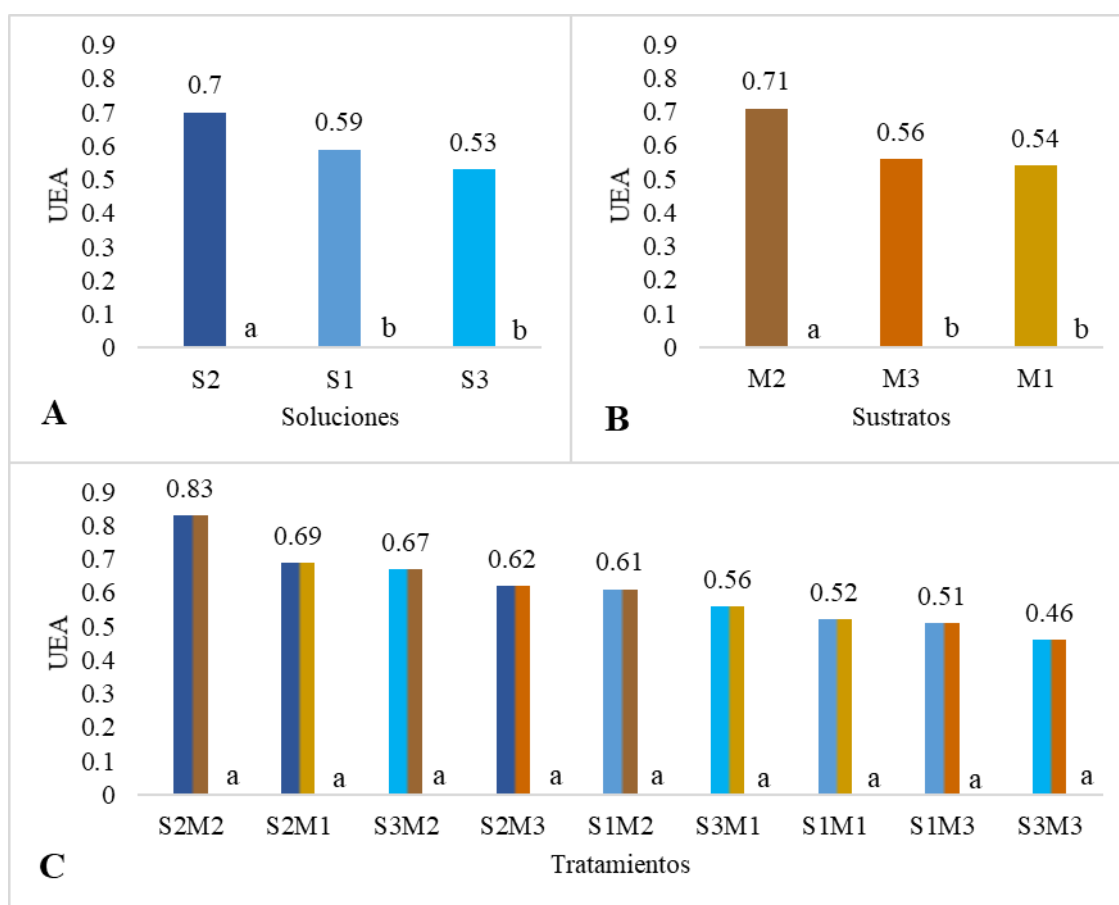
Por su parte en lo que respecta a la interacción de sustratos × solución en la que se no se formaron rangos (Figura 13 C), sin embargo, sobresale el tratamiento S2M2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) que, con 0.83 Kg/m³ de UEA es el mejor tratamiento.

Olvera Cruz (2016) registró en un sistema hidropónico abierto convencional un valor de 0.47 Kg/m³, valor menor a la media registrada en el presente estudio de 0.61 Kg/m³, lo que permite inferir que en el presente estudio existe una mayor eficiencia en cuanto al uso del agua. En este sentido Deaquiz, Álvarez-Herrera y Pinzón-Gómez (2014) expresan que, en una situación de déficit hídrico, el balance favorece a la transpiración y a la baja acumulación de agua en los tejidos; por ende, el riego debe ser superior a la evapotranspiración; de tal manera que se presente un mayor rendimiento en cuanto a

producción de frutos en las plantas de fresa, así como también mantener una alta eficiencia en el uso del agua.

Figura 13.

Prueba de Tukey para la variable sobrevivencia para solución, sustrato y la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.



Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

A su vez Fernández (2007) menciona que al estar el fósforo directamente vinculado con el desarrollo de las plantas y el buen metabolismo se relaciona con los procesos de absorción del agua y por ende de su uso eficiente. Por otra parte, Medina-Bolívar et al. (2016) que los sustratos a base de fibra de coco permiten que las plantas aprovecharon eficientemente el agua y los nutrientes suministrados de forma localizada, lo cual redundo en mayor producción de frutos.

3.11. Relación costo beneficio

En lo que respecta a los costos, que se presenta en la Tabla 20 y Anexo 20 se evidencia que estos fueron mayores en la solución S3; mientras que las restantes soluciones presentan un costo por hectárea similar. A su vez el beneficio neto por hectárea fue superior en la solución S3 (N: 60, P: 30, K: 30, Ca: 60, Mg: 20 y S: 30); no obstante, en lo que se refiere al beneficio costo esta fue mayor en la solución S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30); esto debido a que presentó el segundo beneficio neto pero el menor costo de producción.

Tabla 20.

Costos y beneficios expresados por hectárea para solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.

Solución	Costo (USD/ha.)	Rendimiento (Ton/ha.)	Beneficio (USD/ha.)	Relación B/C
S1	19187,86	16,57	54670,00	2,85
S2	18933,31	17,17	56650,00	3,00
S3	20030,44	17,83	58850,00	2,94

En la Tabla 21 se presentan los resultados de los costos y beneficios para sustratos donde se destacan con el menor costo de producción el sustrato M2 (cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) que a su vez presento el mayor beneficio neto por hectárea y la mejor relación beneficio costo.

Tabla 21.

Costos y beneficios expresados por hectárea para sustrato en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.

Solución	Costo (USD/ha.)	Rendimiento (Ton/ha.)	Beneficio (USD/ha.)	Relación B/C
M1	19748,51	13,93	45980,00	2,32
M2	19177,42	20,00	66000,00	3,44
M3	19225,70	17,63	58190,00	3,03

Por su parte, en lo que respecta a los costos y beneficios para cada uno de los tratamientos que se observan en la Tabla 22, sobresalen el tratamiento S2M2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) que

obtuvo el menor costo total por hectárea, el mayor beneficio neto debido a que obtuvo el mejor rendimiento y por ende es aquel que presenta el mayor beneficio costo.

Tabla 22.

Costos y beneficios expresados por hectárea para la interacción sustrato × solución en el cultivo de fresa, variedad Monterrey.

Tratamiento	Costo (USD/ha.)	Rendimiento (Ton/ha.)	Beneficio (USD/ha.)	Relación B/C
S1M1	19552,50	16,50	54450,00	2,78
S1M2	18981,41	18,00	59400,00	3,13
S1M3	19029,69	15,20	50160,00	2,64
S2M1	19297,95	10,30	33990,00	1,76
S2M2	18726,86	21,30	70290,00	3,75
S2M3	18775,13	19,90	65670,00	3,50
S3M1	20395,08	15,00	49500,00	2,43
S3M2	19823,99	20,70	68310,00	3,45
S3M3	19872,27	17,80	58740,00	2,96
Promedio	19383,87	17,19	56723,33	2,93

Es preciso recalcar que, en todos los tratamientos se obtuvo un beneficio costo positivo, es decir que en la presente investigación los tratamientos investigados presentaron ganancias y son rentables para los agricultores.

Rivadeneira Santacruz (2016) al probar tres niveles de zeolita (minerales aluminosilicatos microporosos) para incrementar la producción en el cultivo de fresa en el cantón Tulcán, determinó una relación costo beneficio promedio de 1,97 USD; valor inferior al registrado en el presente estudio; sin embargo, es únicamente superior al tratamiento S2 M1 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20, cascarilla de arroz 80%, fibra de coco 10% y pomina 10%), que es el tratamiento que presentó la menor rentabilidad.

Por su parte Mejía Chiriboga (2017), al producir fresa variedad Monterrey en sustratos a base de cascarilla de arroz y pomina registraron un valor de costo beneficio de 0,57 y 0,67 USD respectivamente; es decir que, en los dos tratamientos investigados por el autor citado registró pérdidas; esto debido al bajo prendimiento de las plantas y la escasa producción de frutos. Cabe mencionar que en el presente estudio ningún tratamiento presentó pérdidas económicas.

CAPÍTULO VI

4. CONCLUSIONES

- La mejor solución nutritiva para incrementar la productividad de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) variedad Monterrey fue la solución S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20) que demostró el mejor comportamiento en lo que se refiere a prendimiento, sobrevivencia, número de estolones, número de frutos, diámetro del fruto, grados brix, biomasa, uso eficiente del agua y relación beneficio costo.
- De los tres tipos de sustratos evaluados para la producción de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) variedad Monterrey en un sistema hidropónico vertical, se destaca el sustrato M2 (cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%), que presentó el mejor comportamiento en lo que respecta a prendimiento, sobrevivencia, número de estolones, número de frutos, rendimiento, biomasa, uso eficiente del agua y relación beneficio costo.
- En lo que respecta a la relación beneficio/costo en la aplicación de soluciones nutritivas y mezclas de sustratos en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) se determinó que el mejor tratamiento fue S2M2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%) donde por cada dólar invertido se tiene un beneficio neto de 3,75 dólares americanos.
- Las soluciones nutritivas y las mezclas de sustratos en condiciones de un sistema hidropónico vertical afectan la producción de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) variedad Monterrey siendo el mejor tratamiento S2M2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%)

CAPÍTULO VII

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para el cultivo hidropónico de fresa, variedad Monterrey el empleo de la solución S2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20), ya que demostró ser la que durante todo el ensayo presentó los mejores resultados.
- En lo que respecta a los sustratos para la producción en sistemas hidropónicos de fresa, variedad Monterrey, se debe considerar el sustrato M2 (cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%), en el que se obtuvieron los mejores comportamientos productivos del cultivo investigado.
- En cuanto a los costos se sugiere considerar para el cultivo hidropónico de fresa el tratamiento S2M2 (N: 100, P: 90, K: 250, Ca: 60, Mg: 30 y S: 20; cascarilla de arroz 10%, fibra de coco 80% y pomina 10%), que presentó ganancias y es el más rentable de los tratamientos investigados.
- Se recomienda emplear el cultivo hidropónico para la producción de fresa en la provincia de Imbabura como una alternativa económicamente rentable y ambientalmente amigable al cultivo de fresa tradicional.

CAPÍTULO VIII

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 de Pregrado, Universidad de las Américas].

[https://doi.org/Aguilar%20Freile,%20R.%20C.%20\(2018\).%20Evaluaci%C3%B3n%20del%20efecto%20de%20un%20extracto%20de%20c%C3%A1scara%20verde%20de%20banano%20\(Musa%20paradisiaca\)%20para%20el%20control%20de%20Botrytis%20cinerea%20en%20frutilla%20\(Fragaria%20vesca\)%20y%20rosa%20\(Rosa%20sp.\)%20\(Tesis%20de%20pregrado\).%20Universidad%20de%20las%20Am%C3%A9ricas,%20Quito](https://doi.org/Aguilar%20Freile,%20R.%20C.%20(2018).%20Evaluaci%C3%B3n%20del%20efecto%20de%20un%20extracto%20de%20c%C3%A1scara%20verde%20de%20banano%20(Musa%20paradisiaca)%20para%20el%20control%20de%20Botrytis%20cinerea%20en%20frutilla%20(Fragaria%20vesca)%20y%20rosa%20(Rosa%20sp.)%20(Tesis%20de%20pregrado).%20Universidad%20de%20las%20Am%C3%A9ricas,%20Quito)

Aguilar Tlatelpa, M. (2021). *Demanda nutrimental de cuatro variedades de fresa (Fragaria X annanasa), cultivadas en la región de Zamora Michoacán*. [Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados] <http://hdl.handle.net/10521/390>

Aguirre, C., y Vizcaíno, M. (2010). *Aplicación de estimadores estadísticos y diseños experimentales en investigaciones forestales*. Editorial Universitaria-Ibarra.

Alcántar González G. y Trejo-Téllez L. (2007). *Nutrición de Cultivos*. Ed., México: Colegio de Posgraduados, Mundi-Prensa. 454 p.

Alpízar Antillón, L. (2004). *Hidroponía cultivo sin tierra*. Editorial tecnológica de Costa Rica: Tecnológica de CR.
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xvuGzvNxR9UC&oi=fnd&pg=PA13&dq=Alp%C3%ADzar,+L.+\(2004\).+Hidropon%C3%ADa.+&ots=MeIoF58S6U&sig=Bsfy6XbXtpJUMnCO9KdvNozEEZw#v=onepage&q=Alp%C3%ADzar%2C%20L.%20\(2004\).%20Hidropon%C3%ADa.&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xvuGzvNxR9UC&oi=fnd&pg=PA13&dq=Alp%C3%ADzar,+L.+(2004).+Hidropon%C3%ADa.+&ots=MeIoF58S6U&sig=Bsfy6XbXtpJUMnCO9KdvNozEEZw#v=onepage&q=Alp%C3%ADzar%2C%20L.%20(2004).%20Hidropon%C3%ADa.&f=false)

Altamirano Hernández, R. C. (2004). *El cultivo de la fresa para el ciclo otoño-invierno, en California, Estados Unidos de Norte América*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guadalajara].

http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/43/Alta_mirano_Hernandez_Rosa_Celia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alvarado Raya, H. E., Rivera Del Río, R., Ramírez Arias, J. A., Escamilla-García, P., y Estrada Chavira, M. E. (2022). Interrelaciones en biomasa final de plántulas de fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) ‘Festival’ en un sistema hidropónico vertical: Final biomass interrelation of ‘Festival’ strawberry plantlets (*Fragaria x ananassa Duch.*) in a hydroponic vertical system. *Tecnociencia Chihuahua*, 16(3), e991. <https://doi.org/10.54167/tch.v16i3.991>

Alveal, M. Á., y Campos, K. (2014). *Estudio comparativo de sistemas de riego hidropónico y goteo*. Chile: Universidad Del Bío-Bío. Facultad de ingeniería Departamento de Ingeniería Mecánica.

Anrango Méndez, D. C. (2017). “*Evaluación del impacto ambiental provocado por el proceso de producción de frutilla (Fragaria dióica) en la comunidad de Inti Huaycopungo, parroquia González Suárez (provincia de Imbabura)*.” [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13349/TESIS%20PARA%20EMPASTAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Beltrano, J., y Giménez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía*. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires – Argentina. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bianchi, P. G. (2018). *Guía completa del cultivo de las fresas*. Editorial De Vecchi, S. A. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=yid=AA9dDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=origen+de+la+fresayots=ixDIURzjUrysig=KLA2uYDmi7FGlm5su3twxFsCCLk#v=onepage&qyf=false>

Bolda, M., y Dara, S. (2015). *Manual de Producción de Fresa para los Agricultores de la Costa Central*. California: Segunda edición en español.

- Bonet Gigante, J. (2010). *Desarrollo y caracterización de herramientas genómicas en *Fragaria diploide* para la mejora del cultivo de fresas*. [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona]. https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2010/hdl_10803_42009/jbg1de1.pdf
- Caizapasto Guachala, G. B. (2020). *Evaluación del rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad cressa salad con retenedores de agua en Tocachi – Pichincha y San José de Chaltura – Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9780>
- Calle Rodas, D. E. (2016). *Identificación y caracterización de los sistemas de comercialización primarios de la producción agropecuaria de agriculturas familiares campesinas en la provincia de Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador] <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7901>
- Cantillano, R. F., Ávila, J. M., Peralba, M., Pizzolato, T. M., y Toralles, R. P. (2012). Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas. *Revista Horticultura Brasileira*. Volumen 30, N° 4, 620 - 626. <https://www.scielo.br/j/hb/a/yxcDmpWVPzWYDNnDmj4NFph/?format=pdf&lang=es>
- Carpio Amézquita, A. J. (2020). *Evaluación del rendimiento y características del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) CV, Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos, bajo sistema hidropónico en mangas verticales*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María] <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10425>
- Carrales Ley, H. J., Martínez Montaña, R., y Villa Cruz, J. A. (2010). “*Diseño, análisis y automatización de un sistema de riego por goteo para el cultivo de jitomates hidropónicos para región de Huajuapán de León, Oaxaca*”. [Tesis de pregrado. Instituto Politécnico Nacional]. https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/8573/2724_tesis_Febrero_2011_1257101532.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Cartagena Calderón, L. A. (2016). *Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa productora y comercializadora de fresas de crecimiento vertical en la Parroquia de Chaltura Cantón Antonio Ante Provincia de Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte] <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6593>
- Casierra-Posada, F., Peña-Olmos, J. E., y Vargas-Martínez, A. F. (2011). Propiedades Fisicoquímicas de Fresas (*Fragaria sp.*) Cultivadas Bajo Filtros Fotoselectivos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64 (2), 6221-6228. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472011000200019&lng=en&tlng=es.
- Cayambe, J., Díaz-Ambrona, CG, Torres, B., y Heredia-R, M. (2021). Sistemas de Apoyo a la Decisión para el Geoparque Imbabura: Andes Ecuatorianos. En *Sistemas y Tecnologías de la Información: ICITS 2021, Volumen 2* (pp. 310-320). Publicaciones internacionales de Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-68418-1_30
- Cedillo Portugal, E., Castro Chávez, P., Fuentes López, I. I., Huerta García, E., Córdova Valencia, D., y Martínez Hernández, L. P. (2019). *Manual de producción de fresa en bolis de fibra de coco bajo invernadero*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://planificacionfesaragon.com/sites/default/files/manuales/Manual%20de%20Producci%C3%B3n%20de%20Fresa%20280519.pdf>
- Chang y Rodríguez. (2015). Efecto del sustrato sobre la producción de fresa en sistema de columna. Lima, Perú: La Molina. Red hidroponía Boletín No. 46.
- Cochi Rivas, R. F. (2017). *Evaluación del comportamiento agronómico de la frutilla (Fragaria x ananassa Duch.) en cultivos verticales bajo dos densidades de plantación y tres niveles de humus de lombriz en la Estación Experimental de Cota Cota*. [Tesis Doctoral, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/13313/T-2420.pdf?sequence=1>

- De la Cruz Millán, M. G. (2012). *Fertilización foliar con potasio, calcio y silicio en fresa (Fragaria x ananassa Duch.)*. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Chapingo] <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/fc7ffeb1-525b-4c22-8020-a2a76fcba128>
- Deaquiz, Y. A., Álvarez-Herrera, J. G., y Pinzón-Gómez, L. P. (2014). Efecto de diferentes láminas de riego sobre la producción y calidad de fresa (*Fragaria* sp.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8 (2), 192-205. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttextypid=S2011-21732014000200003yIng=enytIng=es.
- Díaz Espino, L. F., Dávalos González, P. A., Jofre, A. E., y Martínez, T. O. (2017) *Fresa, deficiencias y síntomas nutricionales “Una guía visual para fertilizar”*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Primera Edición. Folleto Técnico Núm. 36. <https://drive.google.com/file/d/1luxoyXx6zVcXAfifAZvxd0XPatmjbpD9T/edit>
<https://planificacionfesaragon.com/sites/default/files/manuales/Manual%20de%20Produccion%20de%20Fresa%20280519.pdf>
- Domínguez Rodríguez, Y. (2017). *“Efecto de dos abonos orgánicos y microorganismos eficaces activados (Ema) en la propagación de la fresa (Fragaria vesca.) a nivel de invernadero en la ciudad de Huaraz a 3150 msnm”*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”]. http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1999/T033_48106326_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Estrada-Ortiz, E., Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., Núñez-Escobar, R., y Sandoval-Villa, M. (2011). Respuestas bioquímicas en fresa al suministro de fósforo en forma de fosfito. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(3), 129-138. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttextypid=S1027-152X2011000300005yIng=esyIng=es

- Fernández, M. T. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 41(2), 51-57. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>
- Flórez Faura, R., y Mora Cabeza, R. A. (2010). *Fresa (Fragaria x ananassa Duch.) Producción y Manejo Poscosecha*. Produmedios. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13332>
- GAD Municipal Antonio Ante. (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2019*. [Archivo PDF]. <https://www.antonioante.gob.ec/AntonioAnte/wp-content/uploads/2020/07/PDOT2019-2021.pdf>
- Galindo-López, F., Pinzón-Sandoval, E. H., Quintana-Blanco, W. A., Serrano, P. A., y Galán, M. (2018). Evaluación de un termofosfato en el crecimiento y producción de fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) cv. ‘Albión’. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 21(1), 61-69. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.663>
- Garcés Yugcha, E. I. (2022). *Determinación de una tecnología de producción orgánica en cuatro variedades del cultivo de fresa (Fragaria x ananassa D.) semi-hidropónico, bajo cubierta*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior politécnica del Chimborazo] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16540>
- García, C., y Durga, G. (2012). *Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa*. *Revista Ra Ximhai*, vol.8, número 3, pp. 1-10. <http://uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-25baticulosPDF/1%20GARCIA-GUTIERREZ.pdf>
- Gatiboni, L. C. (2003). *Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas*. [Tesis Doctoral, Universidad Federal de Santa Maria]. <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3154/LUCIANO%20GATIBONI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gobierno Provincial de Imbabura [GPI]. (2020). *Contratación del servicio de consultoría de la agenda productiva de la provincia de Imbabura: Producto 1: Diagnóstico del sector productivo, correspondiente a los sectores primario, secundario y*

terciario de la economía provincial. [Archivo pdf].
<https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/agenda-productiva/diagnostico-sector-productivo/diagnostico-sector-productivo-primario-secundario-y-terciario.pdf>

Gómez Martínez, J. A. (2006). *Descripción del comportamiento de insectos y enfermedades asociadas al cultivo de fresa (Fragaria spp, L) en el municipio de la Sabana, departamento de Madriz.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria, UNA] <https://repositorio.una.edu.ni/1978/1/tnh10g633d.pdf>

Gómez Sánchez, V. D., y Vallejo Tipán, C. M. (2015). *Niveles óptimos de calcio, fósforo, y su interacción en la producción y calidad del cultivo de frutilla (Fragaria vesca L.) variedad festival. Sangolquí.* [Tesis de grado. Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10774/1/T-ESPE-IASA%20I-001641.pdf>

González Álvarez, C. L. (2020). *Prototipo de invernadero hidropónico para interiores.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México] <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/17445>

González Araiza, J. R. (2014). *Impedancia bio-eléctrica como técnica no-destruktiva para medir la firmeza de la fresa (Fragaria x ananassa duch) y su relación con técnicas convencionales.* [Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de Valencia] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?info=link&codigo=88657&orden=1>

Guerrero-Guerrero, E. M. (2020). Evaluación de sustratos bajo un sistema hidropónico en un cultivo de fresa con variables de calidad. *Informador Técnico*, 85(1), 52-63. <https://doi.org/10.23850/22565035.2922>

Herrera Pérez, J. C. y Medina Ortíz, S. M. (2015). *Diseño de un sistema automático de selección de frutos de café mediante técnicas de visión artificial.* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Caribe]. <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/1656/TMCT%200022C.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Hidalgo Trejo, D. (2016). *Evaluación de controladores biológicos: Trichoderma harzianum y Bacillus subtilis, en el cultivo de fresa (Fragaria vesca L) variedad Albión, para el control de podredumbre gris (Botrytis cinerea) en el Centro experimental San Francisco, Cantón Huaca*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi] <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/564/1/317%20evaluacion%20de%20controladores%20biol%C3%B3gicos%20en%20el%20cultivo%20de%20fresa.pdf>
- Huacón Coello, R. D. (2020). *Desarrollo morfológico y rendimiento de tres variedades de fresa mediante un sistema hidropónico NFT cantón Guayaquil, Guayas*. [Tesis de Pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. <http://181.198.35.98/Archivos/HUACON%20COELLO%20RUBEN%20DARIO.pdf>
- Ibadango Ruiz, F. D. (2017). *Eficiencia y rentabilidad del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (Fragaria vesca L.), en la granja experimental Yuyucocha, Imbabura*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6405>
- 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] <https://doi.org/http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16546>
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA]. (2017). *Manual de manejo agronómico de la frutilla*. Boletín INIA / N° 382. Chile. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6713/Bolet%C3%ADn%20INIA%20N%C2%B0%20382?sequence=1&isAllowed=y>

- Juárez, M., Cerdán, M., y Sánchez Sánchez, A. (2007). *Hierro en el sistema suelo-planta. Química del Sistema Suelo Planta*. [Archivo pdf] <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/HIERRO.pdf>
- Leyva Morales, J. B., García de la Parra, L. M., Bastidas Bastidas, P., Astorga Rodríguez, J. E., Bejarano Trujillo, J., Cruz Hernández, A., Martínez Rodríguez, I. E., y Betancourt Lozano, M. (2014). Uso de plaguicidas en un valle agrícola tecnificado en el noroeste de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(3), 247-261. Recuperado en 15 de marzo de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000300002&lng=es&tlng=es.
- Llumiyinga, P. (2017). *Evaluación de fertilización mineral y órgano/mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla *Fragaria x ananassa* (Weston) Duchesne; variedad albión*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- López Ceja, O. I. (2011). *Evaluación comparativa de los impactos ambientales del cultivo de pimiento bajo invernadero en sistema hidropónico y en suelo, mediante la aplicación de análisis de ciclo de vida. Caso de estudio de dos productores del Estado de Guanajuato, México*. [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores De Monterrey] <http://hdl.handle.net/11285/619515>
- López-Herrera, A., Castillo-González, A. M., Trejo-Téllez, L. I., Avitia-García, E., y Valdez-Aguilar, L. A. (2018). Respuesta de fresa cv. Albión a dosis crecientes de zinc. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(8), 1591-1601. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1716>
- López-Pérez, L., Cárdenas-Navarro, R., Lobit, P., Martínez-Castro, O. y Escalante-Linares, O. (2005). Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en hidroponía. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(2), 171-171. <https://doi.org/10.35196/rfm.2005.2.171>
- Mahecha Molina, J. G., Castellanos González, L. y Céspedes, N. (2019). Incidencia y severidad de los síntomas de deficiencia de fósforo en el cultivo de fresa en las

condiciones de Pamplona, Colombia. *Centro Agrícola*, 46 (1), 58-61.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000100058&lng=es&tlng=en.

Martínez Salazar, V. (2022). *Sustratos y biopreparados en el rendimiento y calidad de la fresa (Fragaria spp) hidropónica bajo condiciones de invernadero*. [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Valle de Morelia]
<https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/4451>

Medina-Bolívar, J. S., Pinzón-Sandoval, E. H., y Cely, G. E. (2016). Organic substrates effect in strawberry cv 'Albion' (*Fragaria sp.*) plants, under field conditions. *Ciencia y Agricultura*, 13(2), 19–28.
<https://doi.org/10.19053/01228420.v13.n2.2016.5548>

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]
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3201>

Mendoza Paredes, J. E. (2015). *Valoración de sustratos en la propagación hidropónica vertical de fresa (Fragaria x ananassa Duch.)*. [Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo].
<https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/d455720e-beb7-499d-ba97-53a08f551beb/content>

Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2020). Diagnóstico territorial Resumen Ejecutivo. [Archivo pdf] https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Resumen-Ejecutivo-Diagn%C3%B3sticos-Territoriales-del-Sector-Agrario_14-08-2020-1_compressed.pdf

Molina C. R. (2014). *Efecto de cuatro biofertilizantes en la producción de estolones y frutos de fresa (Fragaria vesca L.)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma De México]. <https://es.scribd.com/document/527714451/tesis-molina-nieto#>

Núcleo Ambiental S. A. S. (2015). *Manuel Fresa*. Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial Cámara de Comercio de Bogotá. <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14312/Fresa.pdf?sequence=1>

enevariedades de fresa (*Fragaria spp.*) manejadas bajo condiciones de invernadero en Molinopampa, Amazonas. *Revista de investigación sustentable*, Chachapoyas, Perú. DOI:10.25127/aps.20182.394

Olvera Cruz, L. A. (2016). *Evaluación agronómica y fisiológica de fresa en un sistema hidropónico tipo revólver*. [Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados]. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/4148/Olvera_Cruz_LA_MC_Fisiologia_Vegetal_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura*. Roma, y Mundi - Prensa, Madrid. <http://www.fao.org/docrep/015/i1688s/i1688s00.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2023). *FAOSTAT: Cultivos y productos de ganadería - Fresa 2021* <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

Palomino Amorín, C. C. (2006). *Efectos de las aplicaciones foliares de calcio y boro sobre el crecimiento y rendimiento de un cultivo hidropónico de fresa (*Fragaria x ananassa*)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3108>

Pastor Sáez, J. N. (2000). Utilización de sustratos en viveros. Use of growing mediums in the nursery production. *Terra Latinoamericana*, vol. 17, núm. 3, pp. 231-235. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>

Paucar Guamialamá, L. J. (2022). *Evaluación del rendimiento del cultivo de fresa (*Fragaria sp*) en las variedades Albión y Monterrey mediante dos sistemas de*

producción en el Centro Experimental “San Francisco” cantón Huaca, provincia del Carchi. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi] <https://doi.org/http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1687>

Pazmiño, J. (2019). *Efecto del recubrimiento comestible de tres concentraciones de colágeno en la conservación de fresa (Fragaria ananassa Weston).* Quito: Universidad Central del Ecuador - Facultad de Ciencias Agrícolas Carrera de Ingeniería Agronómica.

Piedrahita, W., y Flórez, R. (2011). *Evaluación de dos cultivares de fresa (Fragaria x ananassa Duchet) producidas bajo condiciones de hidroponía en macro túneles.* In IV Congreso Colombiano de Horticultura: Aportes de la Investigación al Desarrollo de la Horticultura Colombiana en el Siglo XXI (p. 63). https://www.researchgate.net/profile/Sandra-Liliana-Castaneda-Garzon/publication/309547067_Estado_de_la_coleccion_de_especies_de_la_familia_Anonaceas_en_Colombia/links/58628b4508ae8fce490984f7/Estado-de-la-coleccion-de-especies-de-la-familia-Anonaceas-en-Colombia.pdf#page=63

Pozo Pilay, M. J. (2021). *Estudio del efecto del Hidrogel en diferentes tipos de cultivos de importancia económica.* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://doi.org/UPSE-TIA-2021-0036>

Quiñones Bacca, M. H. (2019). *Síntesis de fertilizantes en un reactor a escala laboratorio usando como ingredientes activos fosfito de manganeso y calcio.* [Tesis de Maestría, Universidad de Pamplona]. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5235>

Quirós-Zúñiga, D. (2011). *Diseño de un sistema hidropónico a mediana escala.* [Tesis de pregrado, Tecnológico de Costa Rica]. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/2238/2925>

Quishpe Gordón, J. P. (2013). *Evaluación de la respuesta de la frutilla (Fragaria dioica.) al sistema de cultivo semihidropónico en el Quinche, Pichincha 2012.* [Tesis de

grado. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5066/6/UPS-YT00157.pdf>

Ramos, S. (2022). Hidroponía: Aprenda Cómo Empezar Fácilmente con su Propio Jardín de Invernadero a Través del Sistema de Cultivo Hidropónico DIY (Cultivar Alimentos Orgánicos). S.ed.
<https://books.google.com.ec/books?id=DwGEEAAAQBAJypg=PA27ydyq=fibra+de+coco+en+hidroponiayhl=es-419ysa=Xyved=2ahUKEwijoOr96f9AhXF5DEKHemkBbUQuwV6BAGGEAc#v=onepageyq=fibra%20de%20coco%20en%20hidroponiayf=false>

Razeto, B., y Valdés, G. (2006). Análisis de Hierro Soluble en Tejidos para Diagnosticar el Déficit de Hierro en Nectarino. *Agricultura Técnica*, 66(2), 216-220.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072006000200012>

Rea Otuna, 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 de Imbabura”. [Tesis de grado. Universidad Técnica de Babahoyo].
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/975/T-UTB-FACIAG-AGR-000181.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rivadeneira Santacruz, D. (2016). *Evaluación de tres dosis de zeolita para optimizar el rendimiento del cultivo de Fresa (Fragaria x ananassa), en el cantón Tulcán provincia del Carchi*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi].
<http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/511/1/304%20Evaluacion%20de%20tres%20dosis%20de%20zeolita%20para%20optimizar%20el%20rendimiento%20del%20cultivo.pdf>

Rivera, D., Camelo, M., Estrada, G., Obando, M. y Bonilla, R. (2010). Efecto de diferentes plaguicidas sobre el crecimiento de *Azotobacter chroococcum*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12 (1), 94-102.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752010000100010&lng=en&tlng=.

Rivera del Rio, R. (2016). *Propiedades físicas de sustratos y su efecto en la nutrición de fresa (Fragaria x ananassa Duch.), en sistema hidropónico*. [Tesis Doctoral Universidad Autónoma de Chapingo]. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/8bc30922-e5c4-44cd-8647-14858c670f3e/content>

Rodríguez Rodríguez, D. A., Patiño Gutiérrez, M., Miranda Lasprilla, D., Fischer, G., y Galvis Vanegas, J. A. (2005). *Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus Haw.)*. Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín, Colombia, vol. 58, núm. 2, pp. 2837 – 2857. <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179914237004.pdf>

Rodríguez Vera, M. E. (2021). *Erradicación del hambre en Ecuador desde la promoción de la agricultura familiar campesina*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador – Quito] http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/19116/Tesis_Melanie_Rodríguez_Vera.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez, D. (2016). *Fresa transgénica: importancia, beneficios y avances científicos en México*. Utleon.edu.mx; Reacción. Revista arbitrada de divulgación científica de la Universidad Tecnológica de León. http://reaccion.utleon.edu.mx/Art_Fresa_transgenica_importancia_beneficios_y_avances_cientificos_en_Mexico.html

Rodríguez-Bautista, G., Calderón-Zavala, G., Jaen-Contreras, D., y Curiel-Rodríguez, A. (2012). Capacidad de propagación y calidad de planta de variedades mexicanas y extranjeras de fresa. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 18(1), 113-123. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2012000100008&lng=es&nrm=iso.

- Ruiz, R., y Piedrahita, W. (2012). Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Produmedios.
https://books.google.com.ec/books?id=o930DwAAQBAJypg=PT12ydq=estolones+en+cultivo+de+fresayhl=es-419ysa=Xyved=2ahUKEwiZnpqB_JX9AhWiTDABHZZfCmIQ6AF6BAgJEAIn#v=onepageyq=estolones%20en%20cultivo%20de%20fresayf=false
- Salguero, M. F. (2018). Efecto de diferentes tipos de sustratos y contenedores en el desarrollo del cultivo de mora (*Rubus glaucus*). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Santoyo Juárez, J. A. y Martínez Alvarado, C. O. (2009). *Paquete tecnológico para la producción de fresa*. Fundación Produce Sinaloa, A.C [Archivo pdf] <https://www.fps.org.mx/portal/index.php/component/phocadownload/category/29-frutales?download=23:paquete-tecnologico-para-la-produccion-de-fresa>
- Secretaría de Economía. (2002). *Norma Oficial Mexicana NMX-ff-062-SCFI-2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - fruta fresa (Fragaria x ananassa, Dutch) – especificaciones y método de prueba* (Cancela a la NMX-FF-062-1987), 6-7. <https://studylib.es/doc/6736068/nmx-ff-062-scfi-2002-productos-alimenticios>
- Silva Espinoza, B. A., Ortega Ramírez, L. A., González Aguilar, I., O y Ayala Zavala J. F. (2013). Protección Antifúngica y Enriquecimiento Antioxidante de Fresa con Aceite Esencial de Hoja de Canela. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 36(3): 217 – 224. <https://doi.org/10.35196/rfm.2013.3.217>
- Suarez Cruz C. A. (2022). *Comportamiento de germinación de semillas de badea (Passiflora quadrangularis) con uso de bioestimulantes en sustrato de fibra de coco*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí] <https://doi.org/Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%202022>
- Tonelli, B. (2010). *Cátedra Horticultura Cultivo de Frutilla*. Oro Verde - Provincia de Entre Ríos - Argentina: Universidad Nacional de Entre Ríos - Facultad de Ciencias Agropecuarias.

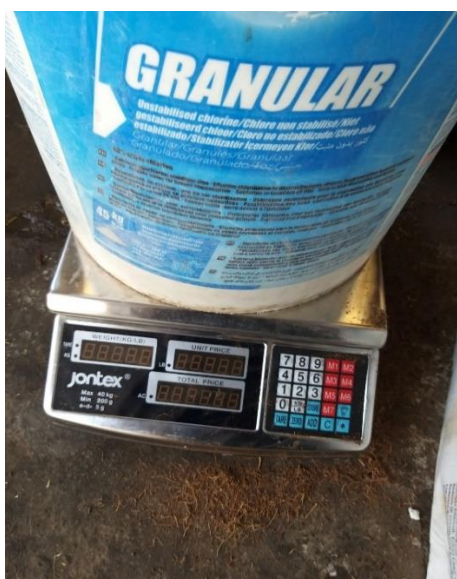
- Vázquez Gálvez, G., Livera Muñoz, M., González Hernández, V., y Muratalla Lua, A. (2000). Efecto de la eliminación de órganos sobre la producción y calidad de frutos de fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) cv FERN. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 23(2), 355-366. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61023214.pdf>
- Verdugo, W. (2011). *Introducción de dos variedades de fresa (Fragaria vesca) y técnica de fertirrigación empleado cuatro biofertilizantes líquidos en Pablo Sexto. Morona Santiago*: Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Maestría En Gestión De La Producción De Flores Andinas Para Exportación.
- Yauricasa Tornero, J. K. (2019). “*Producción de fresa (Fragaria x ananassa duch.) en dos sistemas de hidroponía bajo cobertura plástico*”. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3787>
- Zaragoza, R. D. (2013). *Evaluación de técnicas hidropónicas de producción en el cultivo de fresa (Fragaria x ananassa) bajo invernadero*. México - Saltillo, Coahuila: Centro de Investigación en Química Aplicada - Programa de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura.
- Zárate Aquino, M. A. (2014). *Manual de hidroponía*. (Primera edición: D.R. 2014, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, México, Distrito Federal. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Selección de lote.



Anexo 2. Preparación del sustrato.



Anexo 3. *Lavado, desinfección y llenado en contenedores plásticos verticales.*



Anexo 4. *Construcción de la estructura hidropónica.*



Anexo 5. *Colocación de las mangas hidropónicas y sistema de riego.*



Anexo 6. *Obtención de material vegetativo variedad Monterrey.*



Anexo 7. Trasplante.



Anexo 8. Fertirriego y mezclas de soluciones nutritivas.



Anexo9. Control de plagas y enfermedades.



Anexo 10. *Raleo de hojas y estolones.*



Anexo 11. *Labores culturales y riego.*




Anexo 12. Recolección de frutos – cosecha.




Anexo 13. Análisis de agua.

MC-LASPA-2201-41



ININAP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y NORMALIZACIÓN



IASPA

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
Panamericana Sur Km. 1, S/N. Chuquibambilla,
Tlts. (05) 3307284 / (05)2654430
Mail: laboratorio.asa@ininap.gob.pe

INFORME DE ENSAYO No: 22-0289

NOMBRE DEL CLIENTE: Ibadango Ruiz Felix Daniel
PETICIONARIO: Ibadango Ruiz Felix Daniel
EMPRESAINSTITUCIÓN: Ibadango Ruiz Felix Daniel
DIRECCIÓN: Entrada Luis Gordillo y Panamericana Sur

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 18/04/2022
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 9:40
FECHA DE ANÁLISIS: 25/04/2022
FECHA DE EMISIÓN: 29/04/2022
ANÁLISIS SOLICITADO: AGUA 2

Análisis	Ca	Mg	Na	K	N ⁺	PH	CE	RAS	Dureza	CO3	HCO3	Cl ⁻	SO4	B	Fs ⁺	Zn ⁺	Cu ⁺	Mn ⁺	P ⁺	IDENTIFICACION	
Unidad	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)		ms/cm			(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	ppm		
21-1074	44.32	46.64	91.06	3.63	6.99	1.06	2.3	303.1	MO	0.0	333.8	80	41.3	1.6							Muestra 1 Agua

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente
 * Ensayos no solicitados por el cliente



LABORATORISTA
 JOSE ALONSO
 LIZERO
 MALAYRI



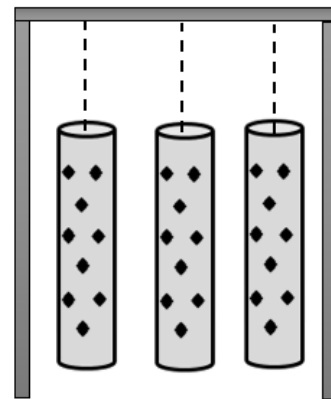
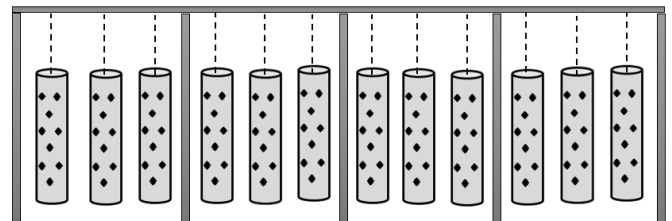
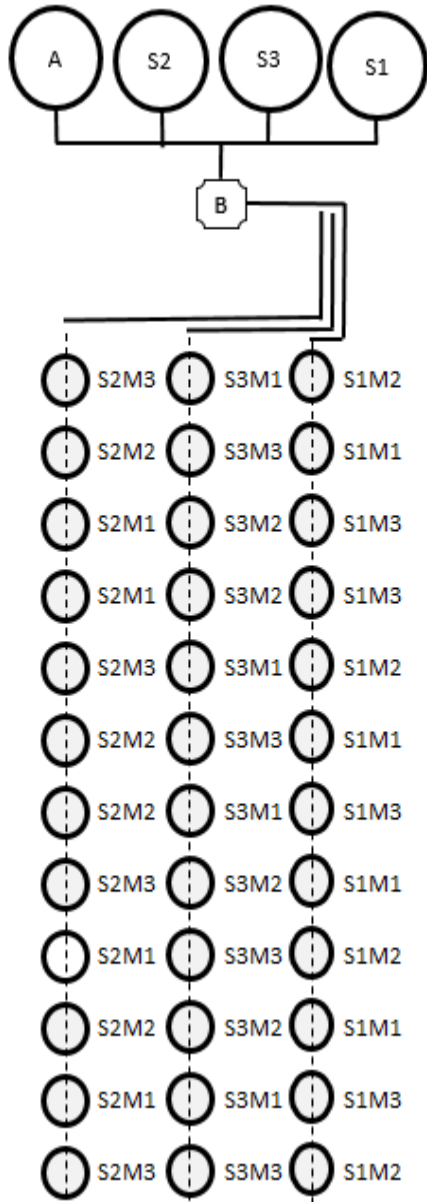
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 IVAN RODRIGO
 SAMANIEGO
 MALAYRI

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita de ININAP.

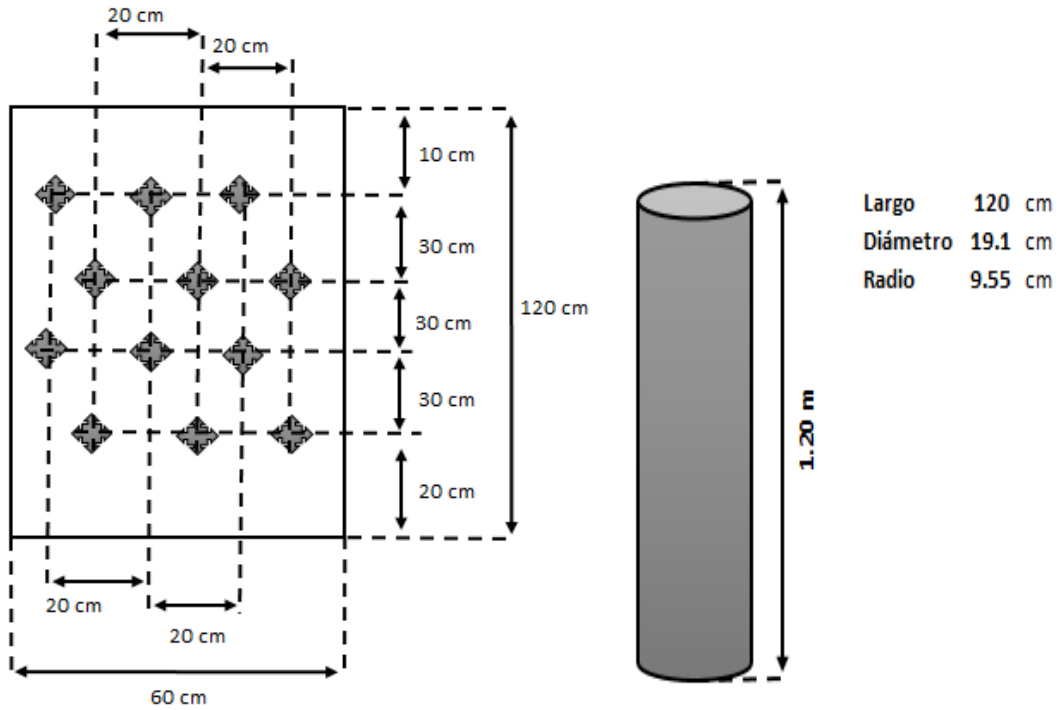
Los resultados aquí indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este como electrónico o bien no es el destinatario de mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibida. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente a emitente por este mismo medio y elimine la información.

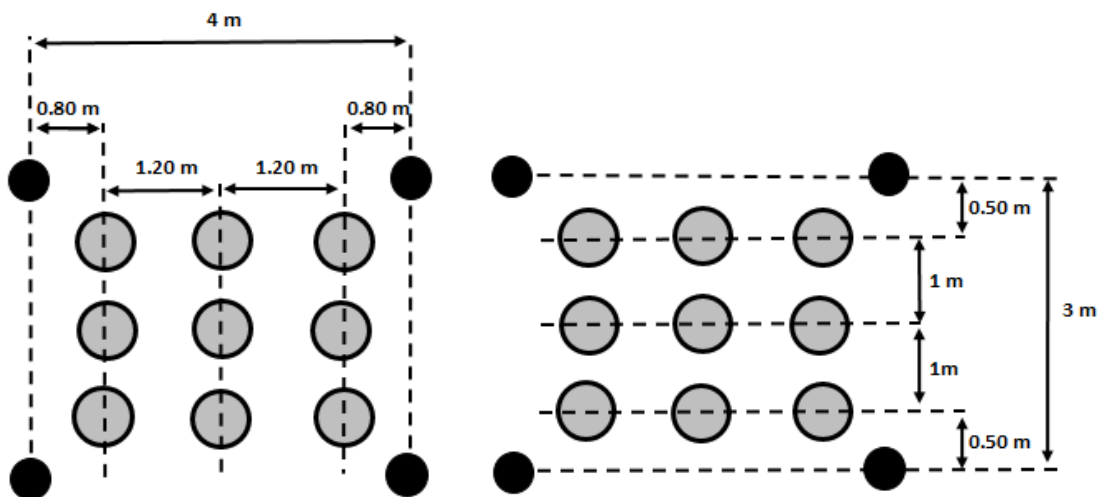
Anexo 14. Croquis del experimento.



Anexo 15. *Distancia entre plantas y manga vertical.*



Anexo 16. *Distancias de mangas verticales frontal y lateral.*



Anexo 17. *Diámetro de fruto.*



Anexo 18. *Rendimiento.*



Anexo 19. Biomasa aérea.



Anexo 20. Sólidos solubles o grados brix.



Anexo 21. *Medias por tratamiento de las variables analizadas*

Tratamientos	Solución	Sustrato	Prendimiento	Plantas a la cosecha	Nro de fruto
S1M1	S1	M1	72,92	62,50	20,08
S1M2	S1	M2	83,34	79,17	45,75
S1M3	S1	M3	81,25	81,25	31,00
S2M1	S2	M1	87,50	81,25	25,83
S2M2	S2	M2	75,00	75,00	19,31
S2M3	S2	M3	87,50	85,42	29,49
S3M1	S3	M1	87,50	85,42	51,33
S3M2	S3	M2	91,67	87,50	29,92
S3M3	S3	M3	62,50	58,34	19,92
Media			81,02	77,32	30,29

Tratamientos	Solución	Sustrato	Rendimiento	Diámetro	Nro de estolones
S1M1	S1	M1	165,45	3,21	7,90
S1M2	S1	M2	206,83	3,29	9,78
S1M3	S1	M3	168,68	3,38	10,36
S2M1	S2	M1	154,39	2,94	7,71
S2M2	S2	M2	119,73	3,75	9,87
S2M3	S2	M3	188,46	3,38	9,56
S3M1	S3	M1	205,39	3,40	9,51
S3M2	S3	M2	181,39	3,58	6,99
S3M3	S3	M3	155,58	3,22	6,56
Media			171,77	3,35	8,69

Tratamientos	Solución	Sustrato	BRIX	Biomasa	UEA
S1M1	S1	M1	9,33	13,59	0,52
S1M2	S1	M2	8,43	15,99	0,62
S1M3	S1	M3	8,08	17,20	0,66
S2M1	S2	M1	7,96	14,70	0,56
S2M2	S2	M2	8,64	16,30	0,63
S2M3	S2	M3	9,32	17,53	0,68
S3M1	S3	M1	9,35	18,10	0,70
S3M2	S3	M2	7,06	15,77	0,61
S3M3	S3	M3	7,64	12,82	0,49
Media			8,42	15,78	0,61

Anexo 22. Resumen de costos por tratamiento

Tratamiento	Ítem	Costo/ha	Total/ha
S1M1	Materiales	931,18	19552,50
	Mano de obra	10648,15	
	Terreno	1166,67	
	Reservorio	333,33	
	Aplicaciones foliares (Bioestimulantes)	727,95	
	Aplicaciones foliares (Fungicidas)	460,78	
	Aplicaciones foliares (Insecticidas)	671,35	
	Solución 1	4025,96	
Mezcla 1		587,12	
S1M2	Materiales	931,18	18981,41
	Mano de obra	10648,15	
	Terreno	1166,67	
	Reservorio	333,33	
	Aplicaciones foliares (Bioestimulantes)	727,95	
	Aplicaciones foliares (Fungicidas)	460,78	
	Aplicaciones foliares (Insecticidas)	671,35	
	Solución 1	4025,96	
Mezcla 2		16,03	
S1M3	Materiales	931,18	19029,69
	Mano de obra	10648,15	
	Terreno	1166,67	
	Reservorio	333,33	
	Aplicaciones foliares (Bioestimulantes)	727,95	
	Aplicaciones foliares (Fungicidas)	460,78	
	Aplicaciones foliares (Insecticidas)	671,35	
	Solución 1	4025,96	
Mezcla 3		64,30	
S2M1	Materiales	931,18	19297,95
	Mano de obra	10648,15	
	Terreno	1166,67	
	Reservorio	333,33	
	Aplicaciones foliares (Bioestimulantes)	727,95	
	Aplicaciones foliares (Fungicidas)	460,78	
	Aplicaciones foliares (Insecticidas)	671,35	
	Solución 2	3771,41	
Mezcla 1		587,12	
S2M2	Materiales	931,18	18726,86
	Mano de obra	10648,15	
	Terreno	1166,67	
	Reservorio	333,33	
	Aplicaciones foliares (Bioestimulantes)	727,95	
	Aplicaciones foliares (Fungicidas)	460,78	
	Aplicaciones foliares (Insecticidas)	671,35	
Solución 2		3771,41	
Mezcla 2		16,03	

S2M3	Materiales	931,18	
	Mano de obra	10648,15	
	Terreno	1166,67	
	Reservorio	333,33	
	Aplicaciones foliares (Bioestimulantes)	727,95	18775,13
	Aplicaciones foliares (Fungicidas)	460,78	
	Aplicaciones foliares (Insecticidas)	671,35	
	Solución 2	3771,41	
Mezcla 3	64,30		
S3M1	Materiales	931,18	
	Mano de obra	10648,15	
	Terreno	1166,67	
	Reservorio	333,33	
	Aplicaciones foliares (Bioestimulantes)	727,95	20395,08
	Aplicaciones foliares (Fungicidas)	460,78	
	Aplicaciones foliares (Insecticidas)	671,35	
	Solución 3	4868,54	
Mezcla 1	587,12		
S3M2	Materiales	931,18	
	Mano de obra	10648,15	
	Terreno	1166,67	
	Reservorio	333,33	
	Aplicaciones foliares (Bioestimulantes)	727,95	19823,99
	Aplicaciones foliares (Fungicidas)	460,78	
	Aplicaciones foliares (Insecticidas)	671,35	
	Solución 3	4868,54	
Mezcla 2	16,03		
S3M3	Materiales	931,18	
	Mano de obra	10648,15	
	Terreno	1166,67	
	Reservorio	333,33	
	Aplicaciones foliares (Bioestimulantes)	727,95	19872,27
	Aplicaciones foliares (Fungicidas)	460,78	
	Aplicaciones foliares (Insecticidas)	671,35	
	Solución 3	4868,54	
Mezcla 3	64,30		