Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

"Evaluación de la relación Carbono/Nitrógeno de tres tipos de sustratos bajo un sistema semi-hidropónico al aire libre en el cultivo de frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión con agua magnetizada al 100%".

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGROPECUARIO

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

Línea 4: Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales.

Sub. Línea 4.1: Desarrollo y sostenibilidad.

AUTOR: Ibarra Reyes Joselyn Lizbeth

ASESOR: PhD. Edmundo René Recalde Posso

Ibarra, 15 de junio de 2022

Ibarra, 15 de junio de 2022

PhD. Edmundo René Recalde Posso
ASESOR

CERTIFICA:

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



(f)……

PhD. Edmundo René Recalde Posso
C.C.: 100177449-4

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 (PUCE SI):



(f)……

José Valdemar Andrade Cadena

C.C.: 100192716-7



(f)……

Jhenny Marlene Cayambe Terán

C.C.: 172112237-0



(f)……

Edmundo René Recalde Posso

C.C.: 100177449-4

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Joselyn Lizbeth Ibarra Reyes, 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 derecho de disponer de sus derechos o autorizar 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 junio de 2022



Joselyn Lizbeth Ibarra Reyes

C.C.: 100434359-4

AUTORÍA

Yo, Joselyn Lizbeth Ibarra Reyes, portador de la cédula de ciudadanía N° 100434359-4, 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): …….

Joselyn Lizbeth Ibarra Reyes

C.C.: 100434359-4

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Joselyn Lizbeth Ibarra Reyes, con C.C.:100434359-4, autor del trabajo de grado intitulado: **Evaluación de la relación Carbono/ Nitrógeno de tres tipos de sustratos bajo un sistema semi-hidropónico al aire libre en el cultivo de frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión con agua magnetizada al 100%,** previo a la obtención del título profesional de Ingeniera Agropecuaria, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

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 Pontifica Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE SI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ibarra, 15 de junio del 2022



f): …….
Joselyn Lizbeth Ibarra Reyes

C.C.: 100434359-4

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 LA RELACIÓN CARBONO/ NITRÓGENO DE TRES TIPOS DE SUSTRATOS BAJO UN SISTEMA SEMI-HIDROPÓNICO AL AIRE LIBRE EN EL CULTIVO DE FRUTILLA *(FRAGARIA ANANASSA)* VARIEDAD ALBIÓN CON AGUA MAGNETIZADA AL 100%**, 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 15 de junio de 2022.

Para constancia firma:



f): ……

Joselyn Lizbeth Ibarra Reyes
Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación
C.C/ Pasaporte: 100434359-4
Carrera: Ingeniería Agropecuaria

Ibarra, 15 de junio del 2022

DEDICATORIA

Dedico principalmente este trabajo a Dios, por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres, especialmente a mi madre por ser el pilar más importante, que ha sabido formarme con buenos valores, sentimientos y brindarme su apoyo incondicional, pues sin ella no lo habría logrado, su bendición a lo largo de mi vida me ha protegido siempre. Por eso te dedico mi trabajo en ofrenda a tu cariño, paciencia y amor de madre.

Y sin dejar atrás a toda mi familia, abuelitos, tíos y primos, por confiar en mí y ser parte de mi vida. Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Joselyn Lizbeth Ibarra Reyes

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fortaleza para seguir adelante, a toda mi familia por apoyarme, a mis padres que me guiaron diariamente. Gracias a la vida misma porque cada día me demuestra lo valiosa y hermosa que puede llegar a ser.

A mi asesor Mgs. Diego Puerres por su ayuda y tiempo dedicado compartiendo sus conocimientos diariamente y así poder culminar este trabajo de mi proceso de educación.

Joselyn Lizbeth Ibarra Reyes

ÍNDICE

DEDICATORIA vii

AGRADECIMIENTO viii

ÍNDICE ix

RESUMEN 1

ABSTRACT 2

CAPÍTULO I 3

INTRODUCCIÓN 3

CAPÍTULO II 5

OBJETIVOS 5

2.1. Objetivo general 5

2.2. Objetivos específicos 5

2.3. Hipótesis 5

CAPÍTULO III 6

ESTADO DEL ARTE 6

3.1. El cultivo de frutilla 6

3.1.1. Taxonomía 7

3.1.2. Generalidades del cultivo 7

3.1.3. Características de la planta 8

3.1.4. Frutilla variedad albión 8

3.1.5. Etapas fenológicas de la frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión 9

3.1.6. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de frutilla. 10

3.2. Manejo del cultivo de la frutilla 10

3.2.1. Riego 10

3.2.2. Fertilización 11

3.2.3. Podas 11

3.2.4. Cosecha 12
3.2.5. Valor nutricional de la frutilla 12
3.3. Sistema semi-hidropónico 13
3.3.1. Características generales 13
3.3.2. Ventajas del cultivo semi-hidropónico 14
3.4. Sustratos 14
3.4.1. Características generales 14
3.4.2. Características del sustrato (Cascarilla de café) 15
3.4.3. Características del sustrato (Estiércol de ovino) 15
3.4.4. Características del sustrato (Pomina) 16
3.4.5. Características del sustrato (Cascarilla de arroz) 16
3.4.6. Características de la Tierra negra (suelo de páramo) 16
3.5. Relación Carbono/Nitrógeno 17
3.6. Sistema de riego. 17
3.6.1. Riego localizado por goteo 17
3.6.2. Agua magnetizada 18
3.7. Análisis del efecto de agua magnetizada al 100% sobre los sustratos 19
3.7.1. Los imanes 20
3.7.2. Beneficios del uso de magnetismo en el suelo 20
3.7.3. Efectos de la magnetización en el agua de riego 21
3.8. Determinación de la relación Carbono/Nitrógeno de los diferentes sustratos 22
3.8.1. Preparación de las mezclas en torno a la relación C/N 23
3.8.2. Análisis de Carbono/Nitrógeno 24
3.9. Evaluación del efecto de la relación agua magnetizada y sustratos sobre el rendimiento del cultivo 25
CAPÍTULO IV 28
MATERIALES Y MÉTODOS 28
4.1. Materiales 28
4.1.1. Materiales utilizados para la adecuación del lote de terreno: 28

4.1.2. Maquinaria utilizada en el lote de terreno 28
4.1.3. Materiales generales indispensables para la fase de campo: 28
4.1.4. Equipo de tecnología para trabajo de campo 29
4.1.5. Materiales y equipos de Laboratorio 29
4.1.6. Programas de análisis 29
4.2. Metodología 30
4.3. Variables 30
4.4. Diseño Experimental 31
4.4.1. Esquema del análisis de varianza 31
4.4.2. Unidades experimentales 32
4.4.3. Distribución de las unidades experimentales (parcela grande y subparcela). 33
4.4.4. Distribución de las unidades experimentales evaluadas en el ensayo 34
4.5. Variables investigadas 35
4.5.1. Variable independiente 35
4.5.2. Variables dependientes evaluadas en campo 35
4.5.3. Altura de la planta 36
4.5.4. Número de días a la floración (Etapa fenológica) 36
4.5.5. Número de frutos por planta 36
4.5.6. Rendimiento 36
4.5.7. Número de días a la cosecha 36
4.5.8. Grados Brix 37
4.6. Manejo del experimento 37
4.6.1. Preparación del suelo 37
4.6.2. Delimitación y diseño del área de investigación 37
4.6.3. Riego 37
4.6.4. Implementación del sistema de riego 38
4.7. Diseño del equipo de inducción magnética 40
4.7.1. Características de los imanes seleccionados para la investigación 41
4.8. Elaboración del soporte para camas de producción 42

4.8.1. Elaboración de mezclas de sustratos para la producción 42
4.8.2. Cobertura plástica para camas de producción 45
4.8.3. Trasplante 45
4.8.4. Control fitosanitario 46
4.8.5. Control de malezas 46
4.8.6. Poda 46
4.8.7. Cosecha 47
CAPÍTULO V 48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 48
5.1. Pruebas de normalidad y homogeneidad de la varianza 48
5.2. Variables dependientes evaluadas en campo 49
5.2.1. Altura de la planta en (cm) a los 28 días después del trasplante 49
5.2.2. Altura de planta (cm) a los 56 días después del trasplante 52
5.2.3. Altura de planta (cm) a los 84 días después del trasplante 56
5.3. Días a la floración 60
5.4. Número de frutos por planta a los 150 días después del trasplante 64
5.5. Rendimiento del cultivo (kg) de fruto por planta 68
5.6. Número de días a la cosecha 72
5.7. Grados Brix del fruto 76
CAPÍTULO VI 81
CONCLUSIONES 81
CAPÍTULO VII 82
RECOMENDACIONES 82
CAPÍTULO VIII 83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 83
ANEXOS 101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Etapas fenológicas del cultivo de frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión de la investigación. 9

Tabla 2 Resultados del análisis de muestra de agua de riego con efecto de magnetismo....19

Tabla 3 Resultados de análisis relación Carbono/Nitrógeno de los cuatro tipos de sustratos....23

Tabla 4 Relaciones de carbono y nitrógeno de varias materias. 24

Tabla 5 Ubicación y climatología del área de estudio....30

Tabla 6 Esquema ADEVA....31

Tabla 7 Características de las unidades experimentales....32

Tabla 8 Formulación del factor sustrato....35

Tabla 9 Formulación del factor agua 35

Tabla 10 Parámetros para el diseño agronómico de riego del cultivo....38

Tabla 11 Coeficiente de desarrollo estacional Kc del cultivo de frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión....38

Tabla 12 Tiempos de magnetización del agua de riego según fase fenológica 1 por tratamiento 39

Tabla 13 Tiempos de magnetización del agua de riego según fase fenológica 2 por tratamiento 39

Tabla 14 Tiempos de magnetización del agua de riego según fase fenológica 3 por tratamiento 40

Tabla 15 Especificación técnica del imán de neodimio N52 (20*3 mm de anillo avellanado con agujero de 5 mm) 41

Tabla 16 Resultado del análisis de sustrato del tratamiento 1 (mezcla de cascarilla de café, pomina y tierra negra)....44

Tabla 17 Resultado del análisis de sustrato del tratamiento 2 (mezcla de estiércol de oveja, pomina y tierra negra)....44

Tabla 18 Resultado del análisis de sustrato del tratamiento 3 (mezcla de cascarilla de arroz, pomina y tierra negra)....44

Tabla 19 Resultado del análisis de sustrato del tratamiento 4 testigo (mezcla de pomina y tierra negra) 45

Tabla 20 Control de plagas y enfermedades 46

Tabla 21 Prueba de normalidad Shapiro Wilk de las variables investigadas 48

Tabla 22 Análisis de varianza de altura de plántulas a los 28 días, tras la aplicación de los factores en estudio. 49

Tabla 23 Análisis de varianza de altura de plántulas a los 56 días, tras la aplicación de los factores en estudio. 53

Tabla 24 Análisis de varianza de altura de plántulas a los 84 días, tras la aplicación de los factores en estudio. 56

Tabla 25 Análisis de varianza de días a la floración, tras la aplicación de los factores en estudio...60

Tabla 26 Análisis de varianza de la evaluación de producción de frutos por planta, tras la aplicación de los factores en estudio 64

Tabla 27 Análisis de varianza de la evaluación del rendimiento de frutos en kg, tras la aplicación de los factores en estudio. 68

Tabla 28 Análisis de varianza de días a la cosecha, tras la aplicación de los factores en estudio.....72

Tabla 29 Análisis de varianza de la evaluación de grados brix, tras la aplicación de los factores en estudio. 76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diseño del ensayo dividido por bloques, sustratos y tipos de agua. 33

Figura 2 Diseño de la Unidad Experimental 34

Figura 3 Distribución de unidades experimentales 34

Figura 4 Equipo de inducción magnética 40

Figura 5 Imán de neodimio usado en la investigación 41

Figura 6 Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación a la altura de planta tomada a los 28 días. 50

Figura 7 Prueba de Tukey al 5% de los tipos de agua aplicados, con relación a la altura de planta tomada a los 28 días. 51

Figura 8 Promedio de la variable altura a los 28 días, para la interacción entre los sustratos y tipos de agua. 52

Figura 9 Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación a la altura de la planta tomada a los 56 días. 53

Figura 10 Prueba de Tukey al 5% de los tipos de agua aplicados, con relación a la altura tomada a los 56 días 54

Figura 11 Prueba de Tukey al 5% de la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, con relación a la altura tomada a los 56 días. 55

Figura 12 Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación a la altura tomada a los 84 días. 57

Figura 13 Prueba de Tukey al 5% de los tipos de agua aplicados, con relación a la altura tomada a los 84 días 58

Figura 14 Prueba de Tukey al 5% de la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, con relación a la altura tomada a los 84 días. 59

Figura 15 Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación al número de días a la floración. 61

Figura 16 Prueba de Tukey al 5% para tipos de agua aplicados, con relación al número de días a la floración. 62

Figura 17 Prueba de Tukey al 5% la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, con relación al número de días a la floración. 63

Figura 18 Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación a la evaluación de producción de frutos por planta. 65

Figura 19 Prueba de Tukey al 5% de los tipos de agua aplicados, con relación a la evaluación de producción de frutos por planta..... 66

Figura 20 Prueba de Tukey al 5% de la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, con relación a la evaluación de producción de frutos por planta. 67

Figura 21 Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación a la evaluación del rendimiento en kg de fruto por planta. 69

Figura 22 Prueba de Tukey al 5% de los tipos de agua aplicados, con relación a la evaluación del rendimiento en kg de fruto por planta. 70

Figura 23 Prueba de Tukey al 5% de la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, con relación a la evaluación del rendimiento en kg de fruto por planta. 71

Figura 24 Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación a los días a la cosecha. 73

Figura 25 Prueba de Tukey al 5% de los tipos de agua aplicados, con relación a los días a la cosecha. 74

Figura 26 Prueba de Tukey al 5% de la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, con relación a los días a la cosecha. 75

Figura 27 Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación a la evaluación de grados brix. 77

Figura 28 Promedios de la variable °brix del fruto por tipos de agua. 78

Figura 29 Prueba de Tukey al 5% de la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, con relación a la evaluación de grados brix. 79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Actividades de preparación del terreno 101

Anexo 2. Delimitación del área de trabajo para realizar el proyecto de investigación 101

Anexo 3. Cerramiento del área de trabajo para la realización del proyecto de investigación..... 102

Anexo 4. Delimitación del área con pingos de madera para elaboración de las camas 102

Anexo 5. Delimitación de las camas con pingos de madera 103

Anexo 6. Elaboración de las camas con tablas de madera 103

Anexo 7. Elaboración de las camas..... 104

Anexo 8. Elaboración de la mezcla de sustratos (Cascarilla de arroz, cascarilla de café, tierra negra y abono de ovino)..... 104

Anexo 9. Desinfección de las camas (Cal agrícola)..... 105

Anexo 10. Corte de plástico negro para las camas..... 105

Anexo 11. Cocido del plástico negro para las camas 106

Anexo 12. Instalación del sistema de riego por goteo..... 106

Anexo 13. Elaboración de la caja de Magnetización 108

Anexo 14. Colocación de los sustratos para cada tratamiento 109

Anexo 15. Trasplante de la planta de frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión 110

Anexo 16. Elaboración de letreros para señalización e identificación de tratamientos 110

Anexo 17. Toma de datos de la variable dependiente (altura de planta)..... 111

Anexo 18. Limpieza del área del proyecto de investigación..... 111

Anexo 19. Corte de estolones..... 112

Anexo 20. Control químico de plagas y enfermedades a los 30 días después del trasplante..... 113

Anexo 21. Toma de datos de la variable dependiente (días a la floración)..... 113

Anexo 22. Toma de datos de la variable dependiente (número de frutos por planta) 114

Anexo 23. Toma de datos de la variable dependiente (kilogramos (kg) totales de fruto extraído por unidad experimental)..... 114

Anexo 24. Clasificación por grande, mediano, pequeño de los kilogramos (kg) totales de fruto extraído por unidad experimental..... 115

Anexo 25. Pesado de Kilogramos totales del fruto cosechados por tratamiento 116

Anexo 26. Enfermedades del cultivo de frutilla (Punta morada)..... 116

Anexo 27. Plagas del cultivo de frutilla (Mosca de fruta) 117

Anexo 28. Valor de Grados Brix del fruto..... 117

Anexo 29. Medición del diámetro polar y ecuatorial de los frutos cosechados..... 118

Anexo 30. Análisis en laboratorio de la mezcla de los sustratos de la investigación..... 119

Anexo 31. Análisis en laboratorio del ph de los sustratos de la investigación..... 119

Anexo 32. Resultado del análisis físico-químico del sustrato del tratamiento 1..... 120

Anexo 33. Resultado del análisis físico-químico del sustrato del tratamiento 2..... 121

Anexo 34. Resultado del análisis físico-químico del sustrato del tratamiento 3..... 122

Anexo 35. Resultado del análisis físico-químico del sustrato del tratamiento 4..... 123

Anexo 36. Resultado del análisis químico relación C/N de los sustratos investigados 124

Anexo 37. Cálculo de la lámina de Riego..... 125

Anexo 38. Socialización de resultados online vía meet..... 127

Anexo 39. Costos de los sustratos utilizados para el tratamiento 1 128

Anexo 40. Costos de los sustratos utilizados para el tratamiento 2 128

Anexo 41. Costos de los sustratos utilizados para el tratamiento 3 128

Anexo 42. Costos de los sustratos utilizados para el tratamiento 4 129

Anexo 43. Promedios de altura de la planta (cm) a los 28 días 129

Anexo 44. Promedios de altura de la planta (cm) a los 56 días 129

Anexo 45. Promedios de altura de la planta (cm) a los 84 días 130

Anexo 46. Promedios del número de frutos por planta a los 120 días..... 130

Anexo 47. Promedios del número de frutos por planta a los 150 días..... 130

Anexo 48. Promedios del rendimiento en kg por unidad experimental a los 90 días 131

Anexo 49. Promedios de los valores de Grados Brix del fruto 131

Anexo 50. Cálculo de la relación carbono/ nitrógeno de cada tratamiento..... 132

Anexo 51. Costos unitarios del sistema de riego 136

RESUMEN

La investigación se realizó en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura. El objetivo principal de la investigación fue evaluar la relación Carbono/ Nitrógeno de tres tipos de sustratos bajo un sistema semi-hidropónico al aire libre en el cultivo de frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión con agua magnetizada al 100%. Para reducir parcialmente la pérdida de nitrógeno en el suelo y maximizar el contenido de macronutrientes en los sustratos, se compararon las variaciones de los macronutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio de diversas materias orgánicas como el estiércol de ovino y cascarilla de café, cascarilla de arroz, pomina y tierra negra, entre los diferentes sustratos elaborados. Se aplicó el diseño experimental de parcelas divididas, con tres tratamientos y tres repeticiones, utilizando un total de 360 plántulas de frutilla variedad albión de 11 días de crecimiento vegetativo, establecidas en 24 unidades experimentales, con 15 plántulas en cada una. El factor sustrato fue; **T1:** Aplicación de tierra negra + pomina + cascarilla de café, **T2:** Aplicación de tierra negra + pomina + estiércol de ovino, **T3:** Aplicación de tierra negra + pomina + cascarilla de arroz, **T4:** (testigo) con aplicación de pomina + tierra negra. El factor agua como; A1: agua sin inducción magnética y A2: agua con inducción magnética. Las variables en estudio fueron: número de días a la floración, altura de la planta, número de frutos, rendimiento, número de días a la cosecha, grados brix.

Se evidenció un buen efecto en la implementación de magnetismo en agua. Todos los tratamientos al 100 % de inducción magnética obtuvieron los mejores resultados. Dichos resultados favorecieron el incremento del rendimiento con una reducción de 21 días en la etapa de floración y por ende días a la cosecha, con respecto al testigo.

Palabras clave: frutilla, inducción magnética, macronutrientes, relación carbono/nitrógeno

ABSTRACT

The investigation was carried out in the city of Ibarra, province of Imbabura. The main objective of the research was to evaluate the Carbon / Nitrogen ratio of three types of substrates under a semi-hydroponic system in the open air in the cultivation of strawberry *(Fragaria ananassa)* variety albion with 100% magnetized water. In order to partially reduce the loss of nitrogen in the soil and maximize the content of macronutrients in the substrates, the variations of macronutrients such as nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium of various organic materials such as sheep manure and husks were compared. coffee, rice husk, pomina and black soil, among the different substrates produced. The experimental design of divided plots was applied, with three treatments and three repetitions, using a total of 360 albion variety strawberry seedlings with 11 days of vegetative growth, established in 24 experimental units, with 15 seedlings in each. The substrate factor was; T1: Application of black earth + pomina + coffee husk, T2: Application of black earth + pomina + sheep manure, T3: Application of black earth + pomina + rice husk, T4: (control) with application of pomina + earth black. The water factor as; A1: water without magnetic induction and A2: water with magnetic induction. The variables under study were: number of days to flowering, plant height, number of fruits, yield, number of days to harvest, brix degrees.

A good effect was evidenced in the implementation of magnetism in water. All 100% magnetic induction treatments captured the best results. These results favored the increase in yield with a reduction of 21 days in the flowering stage and by the end of the days at harvest, with respect to the control.

Keywords: strawberry, magnetic induction, macronutrients, carbon and nitrogen ratio

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El uso indiscriminado de fitosanitarios que se ha observado últimamente por los agricultores dentro el cultivo de frutilla *(Fragaria sp.)*, genera alta contaminación en su fruto, los cuales son nocivos para la salud y hace que no se utilicen buenas prácticas agrícolas para el manejo de los cultivos que se emplean cotidianamente (Aldana y Pachón, 2021).

Los métodos de producción modernos, hace que el agroproductor busque alternativas viables que ayuden a solventar los requerimientos de los mercados de consumo, conllevando a establecer como requisito indispensable de los agricultores el conocimiento básico sobre el manejo nutricional de las especies a cultivar, como también las condiciones en las que se encuentra el terreno agrícola, puesto que contribuye con el desarrollo de técnicas que pueden convertirse en un verdadero éxito que favorezca a todos los productores del Ecuador (Romero, de Vente & Díaz, 2019).
Los elementos nutritivos más importantes que cumplen la función de efecto fertilizante, son el nitrógeno, fósforo y potasio. El cambio en sus concentraciones totales dependerá de la relación carbono y nitrógeno (C/N) de la mezcla inicial del sustrato, la que debe ser óptima (entre 20 y 40) para una buena descomposición bacteriana (Barreros, 2017).

A través de los años, los agricultores han desarrollado una serie de métodos para cambiar los requerimientos edafoclimáticos de sus cultivos, pensando únicamente en la producción de esta fruta. La buena elección de un ambiente controlado para el cultivo de fresa siempre estará limitada por el nivel de inversión de capital y los costos de operación que el usuario disponga, por lo cual, los cultivos alimentarios tradicionales al igual que otras variedades vegetales necesitan protección frente al cambio climático (Nicholls & Altieri, 2015).

La falta de conocimiento técnico del agricultor no permite implementar nuevas formas de producción a bajos costos, que mejoren el rendimiento del cultivo y aumenten su rentabilidad, siendo importante la aplicación de fertilizantes orgánicos que generan un gran aporte nutricional al cultivo de frutilla (Morales & Valdivia 2020).

Se busca solucionar las siguientes variables que intervienen en el problema: como la optimización de espacio de siembra, ahorro y optimización del recurso hídrico, la reducción del porcentaje de plagas, enfermedades y hongos evitando el gasto de fitosanitarios como insecticidas o fungicidas, como también reducción del porcentaje de mortalidad de las plantas (Núñez, 2017).

Por lo expuesto anteriormente la realización de este estudio busca concientizar y generar mayor conocimiento a todos los agricultores sobre de la aplicación de agua de riego magnetizada en el cultivo, para lo cual se planteó, evaluar la respuesta de tres tipos de sustratos en frutilla (*Fragaria ananassa)* variedad albión que mejoren su rendimiento. Permitiendo a los productores conocer sobre las prácticas de manejo y el promover técnicas y tecnologías adecuadas en la zona especialmente en la región Sierra, siendo la primera productora de frutilla del Ecuador (Núñez, 2017).

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la relación Carbono/Nitrógeno de tres tipos de sustratos orgánicos para el cultivo semi-hidropónico de frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión observando el comportamiento agronómico e incrementando el rendimiento productivo de este frutal incluyendo agua de riego magnetizada al 100 %.

2.2. Objetivos específicos

- Analizar el efecto del agua magnetizada al 100% sobre los tres tipos de sustratos investigados mediante el análisis del agua de riego.
- Determinar la relación Carbono/Nitrógeno de los tres tipos de sustratos orgánicos bajo un sistema de riego magnetizado al 100% en el cultivo de frutilla.
- Evaluar el efecto de la relación agua magnetizada y sustratos sobre el rendimiento del cultivo.

2.3. Hipótesis

- Hipótesis nula (Ho): El uso de imanes en el agua junto a los tres sustratos orgánicos, no mejoran el rendimiento y productividad del cultivo de frutilla en cuanto a la calidad de sus frutos.
- Hipótesis alternativa (Ha): El uso de imanes en el agua junto a los tres sustratos orgánicos, si mejoran el rendimiento y productividad del cultivo de frutilla en cuanto a la calidad de sus frutos.

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1. El cultivo de frutilla

La fresa *(Fragaria sp.)* es un género de plantas rastreras estoloníferas de la familia Rosaceae, son comúnmente cultivadas por su fruto comestible llamado por su mismo nombre; fresa o frutilla, es una fusión de fruta formada por la maduración de varios ovarios, todos pertenecientes a una misma flor, las fresas son ricas en vitamina C (Flores, 2018).

La planta de frutilla está compuesta de varias partes los cuales son: tallo, estolones, flores, hojas, yemas, etc., la planta madre en cuanto a las raíces; posee un rizoma cilíndrico y retorcido por el cual salen las hojas que se arrastran por el suelo, en cuanto a las flores y estolones las emiten las raíces, las hojas son compuestas, gruesas de bordes aserrados con una fina cubierta de pelos, la flor es blanca y tiene largos pedúnculos vellosos. El fruto es carnoso de color rojo cuando está completamente maduro, siendo sus semillas muy pequeñas (Vargas, 2018).

Por sus excelentes propiedades nutricionales, lo más importante de la fruta es que se puede consumir fresca o procesada, siendo la frutilla una fruta de gran demanda en los mercados locales, nacionales e internacionales, y es un importante rubro de ingresos económicos (González, 2018).

El cultivo de frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión bajo un sistema semi-hidropónico ha conquistado a muchos productores, pero cabe mencionar que no se ha implementado agua magnetizada al 100%, ni tampoco se ha formulado en relación carbono nitrógeno a varios tipos de sustratos orgánicos juntos, para su mejor desempeño (Guzmán, 2020).

El Ecuador siendo un país pequeño posee gran diversidad de flora, como es el caso de las provincias Pichincha y Tungurahua que son consideradas las mayores productoras de frutilla uno de los cultivos más rentables de esas zonas, ya que la gente acostumbra cultivarla en zonas que poseen entre los 1.300 a 2.600 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas que bordean los 15 grados, cultivo también conocido como fresa en varios sitios del país (Díaz, et al., 2017).

3.1.1. Taxonomía

Taxonomía de la Frutilla *(Fragaria × ananassa)*

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Subfamilia:	Rosoideae
Tribu:	Potentilleae
Subtribu:	Fragariinae
Género:	Fragaria
Especie:	Ananassa
Nombre científico:	*Fragaria ananassa var. albión*
Nombre común:	Frutilla albión, fresa Albión (López, 2019).

3.1.2. Generalidades del cultivo

El cultivo de frutilla es importante para muchos productores, ya que la planta posee raíces poco profundas, teniendo una respuesta positiva al riego siendo esencial para mantener el crecimiento, sanidad y productividad vegetal (Gualacata, 2019).

Por lo general, la gestión del agua se realiza mediante riego localizado (riego por goteo o cinta), como también se puede realizar surcos, permitiendo que la planta obtenga suficiente agua, ya que el exceso de agua puede causar un lento crecimiento de las raíces junto con la pérdida de nutrientes y pudrición de raíz por la humedad excesiva haciendo que las raíces mueran, especialmente en suelos pesados. Por el contrario, un riego insuficiente, especialmente durante la floración o desarrollo del fruto puede causar estrés hídrico, reduciendo el tamaño y calidad del mismo (Álvarez, Tucta, Quispe y Meza, 2018).

Existen algunas variedades de frutilla como; Oso, Diamante, Monterrey, variedad Albión que es la que se investigó en el presente proyecto, elegida por poseer un llamativo color rojo con buena textura y peso ideal. Además, es importante saber que el consumo de frutilla aporta varias sustancias beneficiosas al organismo ya que posee una gran cantidad de fibra y vitamina C, como también betacaroneto, que es un antioxidante, por lo que es muy aconsejable para personas que sufren de estreñimiento, anemia u obesidad (Briceño, 2021).

Morales y Valdivia (2020), mencionan, que las épocas de alta producción empiezan en el mes de marzo a mayo, aplicándose en el Ecuador por el régimen de lluvias, existiendo diversas formas para su siembra, la más habitual utilizada en el país es principalmente la realización de camas, colocando plástico en dónde posteriormente se realizan orificios y en ellos se van sembrando de tres a cuatro filas de plantas.

La frutilla es un cultivo que fácilmente se adapta a cualquier condición climática que posee Ecuador, pero existen diversos inconvenientes que dificultan su buena producción, por ejemplo; la aparición de enfermedades producidas por hongos o virus como también la deficiencia de nutrientes en el suelo que disminuye su desarrollo y crecimiento, el cual provoca el incremento de costos de producción (Núñez, 2017).

3.1.3. Características de la planta

La frutilla tiene hojas que poseen tres folíolos con bordes dentados, la parte inferior de la hoja es pubescente. Se apoyan por un largo peciolo que los conectan con la corona, formando el tallo de la planta produciendo diferentes tipos de yemas que a partir de ellos crecerán nuevas hojas, flores y finalmente los estolones (Parra, 2018).

La raíz está formada por pequeños pelos radiculares, que se desarrollan en los primeros 25 cm del suelo. Las flores son blancas y poseen 5 pétalos, aproximadamente 2 cm de diámetro. La duración y temperatura del día son factores que afectan directamente a las plantas, llevándolas a madurar sus frutos con mayor o menor frecuencia (Mora y Ivars, 2019).

3.1.4. Frutilla variedad albión

Albión es una variedad introducida y certificada por el programa de mejoramiento genético de la Universidad de California; conocida por sus frutos de alta calidad siendo muy fácil de recolectar porque tiende a producir frutos grandes que soportan más tiempo en postcosecha; por eso es muy apreciada en el mercado (Hidrobo, 2020).

Es resistente a diferentes enfermedades como *Phytophthora, Verticillium y Antracnosis* (Mipaz y del Rosario, 2019). Su rendimiento es constante durante la cosecha. Gracias a sus características, es la variedad más sembrada, destacándose por su adaptabilidad a zonas con una altura de 2.500 a 2.800 metros sobre el nivel del mar, es la fruta preferida de consumidores y comerciantes (Quilumbaquin, 2019).

3.1.5. Etapas fenológicas de la frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión

Suelen ser cortas, pero se ven afectadas por las condiciones edafoclimáticas de la zona de siembra, como también las variedades a utilizar y el tipo de manejo agronómico que se efectúe durante el crecimiento del cultivo junto a su posterior desarrollo (Aguirre, 2017).

Tabla 1

Etapas fenológicas del cultivo de frutilla (Fragaria ananassa) variedad albión de la investigación.

Estado fenológico	Descripción	Días después del trasplante	Coeficiente de cultivo (Kc)
Brotación	La yema principal comienza a crecer	5 - 7	0,45
Desarrollo de las hojas	Las primeras hojas emergen de la yema principal, los estadios continúan hasta 9 o más hojas desplegadas.	7 – 14	0,45
Desarrollo de las partes vegetativas cosechables	Comienzo de la formación de estolones visibles, alrededor de 2 cm de longitud. Formación de plantas hijas de forma continua.	15 en adelante	0,45
Aparición del órgano floral	Las primeras flores aparecen en base de la roseta foliar	27 – 35	0,70
Floración	Primeras flores abiertas, comienzo de la floración, posterior a esto se caen sus pétalos	48 – 68	0,70
Formación del fruto	Receptáculo sobresaliendo de la corona de sépalos, semillas claramente visibles en el tejido del receptáculo	65 – 70	0,70
Maduración del fruto	La mayoría de los frutos son blancos y empiezan a adquirir el color varietal típico	75 – 85	0,85
Cosecha del fruto	Los frutos maduros se tornan de color rojo intenso en casi su totalidad	83 – 90	0,85
Senescencia del cultivo	Formación de hojas viejas, mueren y se secan, empiezan a salir hojas nuevas.	110 – 125	0,85

3.1.6. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de frutilla.

Según Salambay (2019), refiere que el cultivo de frutilla necesita los siguientes requerimientos edafoclimáticas:

La planta de frutilla es termo-fotoperiódica, es decir, su crecimiento depende de las condiciones de luz y temperatura. Cuando existen altas temperaturas provoca un crecimiento vegetativo excesivo, por el contrario, las temperaturas bajas suelen inducir en la floración de la planta. La temperatura óptima es de 14ºC, pero está bien adaptada entre 10 y 12ºC.

Dado que el 80% de las raíces de las plantas de frutilla se encuentran en los primeros 15 cm, es aconsejable que para este cultivo el suelo no sea muy profundo, preferiblemente arenoso con un buen drenaje. Suelos volcánicos con alto contenido de materia orgánica son adecuados para el crecimiento y desarrollo. El valor del pH debe estar entre 5,5 o 6,5 con una buena fertilidad (Mejía, 2017).

3.2. Manejo del cultivo de la frutilla

3.2.1. Riego

López (2021), menciona que el riego es un factor muy importante para la producción de frutilla en Ecuador, ya que en las principales zonas productoras existen dos estaciones diferenciadas: estación seca de diciembre hasta el mes de abril y la temporada de lluvias que suele ser desde mayo a noviembre.

La cosecha principal se inicia en noviembre o diciembre, las plantas se mantienen productivas durante toda la época seca, por lo que para su aprovechamiento se debe contar con un adecuado sistema de riego. Debido a que es aconsejable el uso de cobertura del suelo, utilizando dos tipos de sistemas de riego; por goteo que es el más usado y por aspersión (Martínez, 2015).

A la hora de rociar, es aconsejable utilizar aspersores pequeños de gota fina para que no afecte a la floración. El sistema de riego localizado por goteo es más eficaz, porque utiliza goteros distanciados cada 25 cm. Con este sistema, una manguera es suficiente para cada cama de 70 cm de ancho (Álvarez, 2019).

3.2.2. Fertilización

Según Garcés (2021), la fertilización necesaria para los cultivos de frutilla se gestiona de acuerdo con los siguientes requerimientos y aportes nutricionales:
Esto se hace antes de preparar el sustrato para obtener un buen rendimiento, utilizando un fertilizante de sulfato de amonio a una dosis de 7 a 10 gramos por planta colocándolas en cada hoyo, y luego deben ser cubiertas con el sustrato para evitar el contacto con las raíces de las plantas recientemente trasplantadas con el fertilizante.

En cultivos semi-hidropónicos, la solubilidad de las sales fertilizantes debe ser muy alta y existir los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas. Tres de ellos existen en el agua y el aire, es decir, el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y otros nutrientes importantes existen en la semi-hidroponía., tales como: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Azufre y Magnesio. Los macronutrientes y micronutrientes son los siguientes: Manganeso, cobre, hierro, molibdeno, zinc y cloro (Guzmán, 2020).

3.2.3. Podas

Mora e Ivars (2019), también mencionaron que el manejo del cultivo de frutilla se debe a la poda. Debido a la producción continua de tallos, las plantas toman forma de macolla, donde se acumula una gran cantidad de hojas y ramas muertas, esto suele ser debido al calor generado por el polietileno negro o plásticos de diversos colores que son utilizados generalmente para la producción de frutilla.

La hojarasca que se acumula en la planta es una de las principales fuentes de contaminación porque retiene la humedad y promueve el ataque de hongos a la fruta, por ende, es muy importante la realización de podas periódicas con el fin de eliminar los restos de hojas secas, retirar racimos viejos como también los frutos en mal estado cuidando de no dañar las plantas. Cabe señalar que estas podas se realizan después de la etapa de producción (Rivadeneira, 2016).

Mediante estas podas se incrementa la entrada de luz en las hojas ayudando a la ventilación de la planta, acelerando así la regeneración de las mismas, favoreciendo la aplicación de fitosanitarios y previniendo la invasión del fruto por hongos (Cotrina, 2019).

3.2.4. Cosecha

Kirschbaum, Heredia, Funes y Quiroga (2019), señalan que, por el tamaño y uniformidad del fruto, la eficiencia productiva en los primeros meses es mayor ya que la calidad es más alta, porque es altamente perecedera, siendo su cosecha cada tres días, debiendo manejarse con cuidado.

Las frutas deben ser manejadas antes de que se desarrollen para que estén en buenas condiciones cuando se cosechan. En este momento comienza otro proceso muy importante, como es la selección de fruta, empaque, transporte y almacenamiento con el fin de llevar buenos productos al mercado (Molina, 2020).

Las frutillas que son cosechadas en plena madurez y que luego se almacenan a temperatura ambiente, se deterioran en un 80% en tan solo 8 horas, por lo cual se deben cosechar en la ½ y ¾ parte de maduración siendo colocadas de manera inmediata en cuartos o cámaras frías de 10 °C a 0 °C (Álvarez, 2018).

3.2.5. Valor nutricional de la frutilla

Según López, Sánchez, Acuña y Fischer (2018), afirman que las frutillas tienen las siguientes propiedades nutricionales:

Son ricos en antioxidantes como la vitamina C, vitamina E y flavonoides, que llegan a retrasar el envejecimiento, combatiendo los radicales libres junto a las infecciones. Los polifenoles de las frutillas pueden protegernos de las enfermedades cardiovasculares, ya que tienen un alto contenido de potasio, un bajo contenido de sodio lo que nos ayuda en la eliminación de líquidos. Gracias a su contenido en ácido fólico, se recomienda su consumo especialmente durante el embarazo evitando malformaciones (Escobar, 2017).

En personas que padecen hipertensión de líquidos, hiperuricemia, artrosis, obesidad, etc., por sus efectos diuréticos y desintoxicantes de la sangre, es sumamente recomendado el consumo de frutillas ya que también tiene efecto astringente. Siendo una fruta muy beneficiosa para diabéticos, pudiendo prevenir úlceras como también heridas bucales (Vaca, 2019).

Oviedo (2018), menciona que las frutillas contienen celulosa, ácido cítrico, ácido oxálico, ácido málico, ácido salicílico, además son ricas en minerales como hierro, calcio, zinc, sodio, magnesio, yodo. Por su alto contenido en carotenos, vitaminas B, C y E, siendo sus propiedades más importantes para el consumo.

3.3. Sistema semi-hidropónico

3.3.1. Características generales

Guzmán (2020), menciona que la semi-hidroponía combina lo mejor de las técnicas de cultivo en suelo, que actualmente se está utilizando en diversos sistemas agrícolas. Gracias a la implementación de este método permite a las plantas tener acceso a todos los nutrientes del suelo, junto a una nutri-irrigación.

Los cultivos semi-hidropónicos son un sistema muy eficaz en cuanto a la producción de plantas en sustratos mixtos en diversas estructuras, clasificándose en huertos intensivos o en agriculturas que se encuentran en hogares y casas, siendo la semi-hidroponía una técnica que brinda mejores resultados (López, 2021).

Según lo que manifiesta Encalada y Landázuri (2017), la preferencia del sistema semi-hidropónico está justificada por la optimización del espacio obteniendo buenos resultados económicos, adaptación al costo de mano de obra disponible, producción en períodos diferenciados de épocas tradicionales, sobre todo, la oportunidad de producir alimentos de mejor calidad y mayor cantidad. El buen manejo agronómico de este sistema aumenta la rentabilidad reduciendo el riesgo de contaminación por el alto uso de fitosanitarios.

El recurso hídrico o agua es considerado el elemento base para la producción de todo tipo de cultivos, siendo en muchas ocasiones manejado en forma inadecuada obteniendo consecuencias negativas sobre todo en el proceso productivo de las plantas, es por esto que la aplicación de un sistema semi-hidropónico genera un notable ahorro de agua (Guacapiña, 2020).

La implementación de un sistema semi-hidropónico también puede ser utilizado bajo invernadero junto con métodos inteligentes que permiten manejar una agricultura de precisión, optimizando la producción hortícola y frutícola. Los avances tecnológicos van enfocados en la problemática actual de los suelos, la carencia de tecnificación en procesos agroindustriales y la necesidad de incrementar la productividad de los cultivos debido al aumento de la población y por la falta de tierras fértiles se han creado diversas técnicas de producción en espacios muy pequeños logrando buenos resultados (Méndez, 2021).

En el cultivo de frutilla se ha utilizado varios sistemas semi-hidropónicos en diferentes direcciones ya sean posicionados verticalmente u horizontalmente, aprovechando siempre la optimización del espacio que se tenga a disposición, obteniendo una buena adaptación de la planta y sobre todo produciendo alimentos de buena calidad con menor riesgo de contaminación logrando buenos resultados económicos (Carpio, 2017).

Las nuevas técnicas agrícolas ameritan un adecuado establecimiento de cultivos afirma Tucuch (2017), los sustratos tanto orgánicos como inertes, necesitan equilibrios nutricionales a través de soluciones nutritivas ayudando a compensar las necesidades que tienen los cultivos.

3.3.2. Ventajas del cultivo semi-hidropónico

Briceño (2021), señala que la semi-hidroponía es un sistema desarrollado principalmente en sustrato y solución nutritiva, por la cual tiene las siguientes ventajas:

- No necesita poseer grandes extensiones de tierra, por ende, menor espacio y mayor número de plantas cultivadas.
- Permite aprovechar la superficie de suelos o terrenos que no son adecuados para la agricultura
- Permite el mejor control de plagas y enfermedades.
- La producción del cultivo se la puede realizar de forma automatizada.
- Mejor control y consumo de nutrientes a la planta.
- Los cultivos se pueden implementar en áreas urbanas por ejemplo en ciudades, patios y terrazas.
- Existe un notorio ahorro de agua en el cultivo ya que se concentra solo en el acolchado de la cama y por ende no se filtra al suelo ni se desperdicia (Mejía, 2017).

3.4. Sustratos

3.4.1. Características generales

Según lo que señala Tarquino (2018), la base para un cultivo semi-hidropónico es el uso de sustratos sólidos, por sus diversas funciones como; sujetar a la planta, proteger sus raíces de la luz solar, siendo el sustrato el lugar por donde circula toda solución nutritiva que alimentará a la planta. Los sustratos a utilizar deben contener 20 % a 60 % de agua y 15 % a 35 % de aire obteniendo algunas características básicas, tales como:

-Debe tener buena aireación.

-Debe ayudar a retener la humedad necesaria para el desarrollo de la planta.

-Debe ser de fácil acceso y estar disponible dentro del alcance.

Ibadango (2017), define el sustrato como un medio sólido inerte, que posee dos funciones las cuales son; anclar aferrando las raíces de la planta protegiéndose de la luz permitiéndole así la respiración y como segunda función; contener agua y nutrientes que las plantas necesitan para su desarrollo óptimo.

Morocho (2018), afirma que los sustratos más óptimos son aquellos que permiten la presencia del 15 al 35 % de aire y del 20 al 60 % de agua en relación con el volumen total, por lo cual, es necesario que estos sustratos presenten las siguientes características:

- Retención de humedad

- Permitir buena aireación

- Buena estabilidad física

- Buen drenaje

3.4.2. Características del sustrato (Cascarilla de café)

La cascarilla de café es el polispermo del fruto del café, la misma que es extraída durante el proceso de beneficiado (Manals, Salas y Penedo, 2018).

Según lo mencionado por Márquez (2020) la cascarilla de café posee una excelente fuente de celulosa, lignina y principalmente sílice, así como otros compuestos en menor proporción, permitiendo dar una mejor homogenización y aireación al sustrato aumentando hasta el 30% el volumen total del mismo. Del fruto del café aproximadamente el 19% termina siendo grano oro, ya que de una tonelada de café se obtiene aproximadamente de 40 a 45 kilogramos de cascarilla de café (Peraza, 2019).

Balma (2018), realizó una investigación en Costa Rica referente a los sustratos para cultivos sin suelo, y señala que la cascarilla de café es un sustrato de baja capacidad de retener humedad, pero buena para oxigenar sustratos, siendo de corta vida ya que empieza a descomponerse en pocos días.

3.4.3. Características del sustrato (Estiércol de ovino)

El estiércol de ovino es considerado uno de los más ricos en nutrientes por lo cual aporta al sustrato, nitrógeno, potasio, fósforo y oligoelementos que sirven de abono para diversos cultivos, considerado también muy útil para la retención de agua y aireación creando un ambiente óptimo para el cultivo (De La Cruz y Arone, 2021). Con este tipo de abono se evita

quemar las plantas en crecimiento, siendo considerado uno de los mejores abonos para procesos de fertilización (Mamilovich, 2018).

3.4.4. Características del sustrato (Pomina)

La pomina es una roca volcánica blanca o gris, este material es sometido a temperaturas de 1.000 °C para así poder modificar su estructura dando como resultado final una contextura esponjosa y porosa. Es un material liviano e inerte que puede llegar a medir entre 1,58 y 3,17 mm de diámetro. Usada como sustrato por su gran porosidad que le permite retener y absorber hasta el 65% de su peso en agua (Ramírez, 2019).

3.4.5. Características del sustrato (Cascarilla de arroz)

Arévalo (2017), menciona que el material obtenido es un subproducto de la industria molinera en diversas zonas arroceras, ya que posee buenas propiedades físicas y químicas. Siendo un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, por su alto contenido de sílice, también es un material rico en carbono junto a altos contenidos de potasio.

La cascarilla de arroz posee buena aireación, buen drenaje, caracterizado por ser un material liviano, llegando a presentar una baja retención de humedad inicial y suele ser difícil el conservar la humedad homogéneamente cuando es utilizado como único sustrato. También posee buena inercia química (Neutzling et al.,2018).

3.4.6. Características de la Tierra negra (suelo de páramo)

La tierra negra es el resultado del proceso de descomposición natural de materia orgánica y suele provenir de restos vegetales como hojas secas o desechos orgánicos de origen animal. Sirve como medio para iniciar el desarrollo y actividades microbianas del sustrato obteniendo una mayor homogeneidad física, actuando como esponja con la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes (Tito, 2019).

Según Cortez (2017), el estudio de los suelos realizados en Ecuador, lo llamaron negro andino o suelo de páramo ya que estos suelos se encuentran entre los 3.000 y 4.000 metros sobre el nivel del mar, expresándose como suelos francos, teniendo un 100 % de retención de agua, y están ubicados en montañas o cordilleras.

3.5. Relación Carbono/Nitrógeno.

Barreros (2017), explica que la relación Carbono/Nitrógeno es un valor numérico muy importante a nivel agronómico que ayuda a determinar cuál es la proporción de carbono y nitrógeno que podemos encontrar en un suelo u otras materias primas.

El C/N son elementos muy importantes e indispensables para el desarrollo de la vida ya que afectan directa o indirectamente los procesos biológicos de los seres vivos, es importante conocer que la proporción de uno sobre el otro es un parámetro que mide la actividad microbiana de suelos o compost (Guarín et al., 2020).

Se debe conocer que el carbono fijado por la biomasa proviene del CO_2 atmosférico, reducido durante el proceso de fotosíntesis realizadas por las plantas, y suele oscilar en torno a un 50-60% de la materia orgánica. Sin embargo, el porcentaje de nitrógeno es demasiado menor que el porcentaje de carbono (Díaz, 2017).

3.6. Sistema de riego.

El usar sistemas de riego localizados contribuye a un buen manejo y eficiencia del agua, debido a que aplicando el agua en pequeñas cantidades se logra incrementar la producción agrícola porque es suministrada de forma controlada; alrededor de la zona radicular del cultivo (Valencia, 2019).

Los costos de instalación suelen ser altos, pero a menudo se compensan con la reducción de los costos de mano de obra operativa. Por lo tanto, se requiere menores cantidades de agua por hectárea, haciendo que la distribución sea más uniforme (Salinas, 2019).

Determinar los requerimientos hídricos de los cultivos antes de establecerlos es de suma importancia, así mismo establecer la cantidad de agua necesaria a proporcionar en el sistema de riego y evaluar el área a sembrar (Rosado, 2019).

3.6.1. Riego localizado por goteo.

La flexibilidad del sistema de riego por goteo para adaptarse a áreas pequeñas, medianas y grandes hace que sea mejor que otros sistemas de riego conocidos. Siendo necesario adaptar un diseño de fácil manejo, logrando obtener una mayor rentabilidad (Anchapanta, 2019).

En comparación con el riego por gravedad, no requiere la aplicación de un exceso de agua en una zona de la parcela para compensar la humedad en otra zona (Espinoza, 2020).

3.6.2. Agua magnetizada

La magnetización del agua es un proceso pseudocientífico que busca alterar las propiedades del agua en diversas circunstancias, en general ayuda a reducir la dureza que el agua posee, esto es realizado por un campo magnético, sin la utilización de agentes químicos usados comúnmente (Zamora, Rodríguez, Ferrer, Fung, y Asanza, 2020).

Según menciona Chicaiza (2020), la magnetización del agua produce varios cambios en sus propiedades, por ejemplo, el electromagnetismo, termodinámica y mecánica. En comparación con el agua no magnetizada, se observa que la magnetización altera la constante dieléctrica, viscosidad del fluido, tensión superficial, conductividad eléctrica tanto de aniones y cationes, como también los puntos de congelación o ebullición que éstos poseen. Esto afecta de manera positiva a su aplicación en la industria, medicina, otros campos principalmente en la agricultura.

Llanos (2018), informa que la lixiviación del suelo con agua magnetizada aumentó significativamente el contenido disponible de fósforo (P) en el suelo en comparación con la lixiviación con agua normal en todas las profundidades del suelo (0-5, 5-15, 15-30 cm). Esto indicó que el agua magnetizada juega un papel importante en el aumento de la disponibilidad del fósforo.

Una de las principales ventajas que posee magnetizar el agua es ahorrar los gastos de productos químicos para poder controlar los sedimentos que generan las sales y los minerales que contienen el agua, por lo cual no se requiere dar un seguimiento ni tampoco un mayor control de calidad al agua producida. El agua no se verá alterada negativamente en ningún momento (Mamani y Félix, 2017).

El agua es tratada con campo magnético o pasa a través de un dispositivo magnético. Cuando el agua se magnetiza, cambian algunas propiedades que pueden alterar las características de la planta, como su crecimiento y producción (Rodríguez, Fung, Ochoa, Ortiz y Díaz, 2018).

En el caso del tratamiento magnético, García (2020), menciona que los estudios previos han demostrado que los efectos del tratamiento magnético varían con el tipo de planta y el tipo de agua utilizada. En esta variable analizada, el mejorador magnético no tuvo efecto significativo.

3.7. Análisis del efecto de agua magnetizada al 100% sobre los sustratos

Se realizó un análisis de laboratorio del equilibrio de aniones, cationes, cloruros, sólidos totales disueltos, etc., junto a la conductividad eléctrica y pH, los cuáles también fueron medidos con aparatos y equipos de campo como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2

Resultados del análisis de muestra de agua de riego con efecto de magnetismo

Parámetro	Contenido	Rango usual
TDS (Sólidos totales disueltos)	112,0 ppm	0 – 2000 ppm
Carbonatos (CO_3)	< 0,0 ppm	0 – 3,1 ppm
Bicarbonatos (HCO_3)	122,0 ppm	0 – 180 ppm
Calcio CA**	13,50 ppm	0 – 200 ppm
Magnesio Mg**	9,90 ppm	0 – 61 ppm
Sulfatos (SO_4)	13,40 ppm	0 – 960 ppm
Boro B	0,50 ppm	0 – 2,5 ppm
pH	6,91	6 – 8,5
Dureza total ($CaCO_3$)	74,34 ppm	Moderadamente dura
Conductividad eléctrica	0,230 dS m^{-1}	0 - 3 dS m^{-1}
Potasio K	0,90 ppm	0 – 7,8 ppm
Cloruros Cl	16,0 ppm	0 – 180 ppm
Sodio Na	42,2 ppm	0 – 69 ppm
RAS*	2,11	0 – 6 (meq l^{-1}) ½

Nota. * Relación adsorción de sodio, **Rangos usuales para aguas de riego

En condiciones normales (o de agua no magnética), los grupos de moléculas de agua son atraídos débilmente. Esta forma suelta y caótica de atracción predispone al agua toxinas o contaminantes que viajan dentro del grupo de moléculas de agua. El tamaño más pequeño de estos grupos caóticos, algunos de ellos portadores de toxinas, pueden entrar en la célula con los consiguientes efectos nocivos. Por lo tanto, para hidratar una planta se requiere una gran cantidad de agua normal (Chicaiza, 2020).

El tratamiento magnético del agua reestructura las moléculas de agua en grupos muy pequeños, cada uno compuesto de seis moléculas organizadas simétricamente. Este grupo pequeño y uniforme tiene estructura hexagonal así que puede entrar fácilmente en la membrana celular vegetal. Además, los agentes tóxicos no pueden entrar en la estructura del agua magnética. Estas características hacen del agua magnética un compuesto bio amigable para las células tanto vegetales como animales (Rodríguez, 2018).

Las plantas pueden exhibir diferentes fenómenos fisiológicos. Cuando se exponen a un campo magnético, los investigadores encontraron efectos sobre la actividad enzimática junto a la absorción de agua de las semillas tratadas, lo cual respalda la teoría de que existe un mecanismo independiente de los magnetorreceptores (que detecta la dirección del campo magnético y sensorial) (Rivas, 2019).

3.7.1. Los imanes

Los imanes son aleaciones de diferentes metales, tienen dos polos opuestos, un polo norte (N) y un polo sur (S), que crean fuerzas de atracción entre los dos polos. Bajo la condición de atracción del imán, se genera un llamado campo magnético o inducción magnética. La inducción magnética se puede medir en unidades Tesla (T) y Gauss (G) (Vásquez, 2019).

Hay dos formas de instalar el dispositivo de tratamiento magnético: A) Dispositivos invasivos (fabricados en forma igual a la de una tubería), siendo necesario eliminar parte de la tubería de riego instalada en el sitio, debido a que tiene un tamaño externo mayor que la tubería. Sin embargo, internamente tiene el mismo tamaño. B) Se instalan dispositivos no invasivos alrededor de las tuberías de riego, por lo que no es necesario modificar el sistema de riego (Córdova, 2019).

El agua que es tratada magnéticamente se obtiene haciendo pasar el agua de riego a través de electroimanes (flujo de una corriente eléctrica) o imanes instalados en las tuberías del sistema de riego (García, 2020). El tiempo de exposición depende del caudal en las tuberías de los diferentes sistemas de riego, en el caso del riego por goteo el agua entrará en contacto con el dispositivo en un intervalo de 1 a 3 segundos (Chicaiza, 2020).

3.7.2. Beneficios del uso de magnetismo en el suelo

El campo magnético estimula y acelera la acción de los microorganismos benéficos del suelo; restaura el suelo afectado por la salinidad a través de procesos químicos y biológicos. Además, es usada para acelerar la descomposición química de diferentes materias orgánicas (Zúñiga et al., 2017).

El uso de agua bajo magnetización aumenta la cantidad de nutrientes, por ejemplo; potasio, fósforo, zinc. Evitando que los metales pesados, como níquel y plomo, que se encuentran cerca de la zona radicular de los cultivos, sean absorbidos por las raíces y almacenados en los frutos (Galván, 2020).

El suelo contiene la mayoría de los nutrientes que necesitan las plantas. Sin embargo, algunos nutrientes no pueden ser absorbidos o adheridos a las partículas del suelo. La aplicación de campos magnéticos en el agua de riego tiene una mayor disponibilidad de nutrientes que el agua convencional (Gómez, 2017).

Llanos (2018), afirma que la aplicación de campos magnéticos de 1.500 y 3.500 G (Gauss) en una duración de 15 a 30 minutos, produce un proceso acelerado de agregación de partículas en el suelo, favoreciendo el crecimiento de plantas de interés comercial.

3.7.3. Efectos de la magnetización en el agua de riego

En condiciones normales, el agua tiene moléculas caóticas disueltas, lo que predispone al transporte de contaminantes o toxinas dentro de cada molécula. Su estructura química está compuesta por dos electrones de hidrógeno y un electrón de oxígeno en enlaces covalentes, que forman un ángulo de 105º. Debido a este fenómeno, algunas moléculas pueden ser atraídas por otras (Mamani y Félix, 2017).

El recurso hídrico se considera un imán porque tiene polos con diferentes cargas, estas diferencias se denominan polaridad. Pudiendo relacionarse más con la polaridad de los compuestos orgánicos en las plantas. Las moléculas de agua de riego se organizan cuando se exponen a un campo magnético, reduciendo el ángulo de formación, por lo tanto, cada molécula estará más cerca de la otra (Zamora et al., 2020).

También, los enlaces de hidrógeno dentro de los clústeres (acumulación de moléculas de agua) se debilitan, por lo que los más grandes se rompen y se forman los más pequeños haciéndose más fuertes. Cada clúster o grupo tiene una estructura hexagonal (seis moléculas) dispuestas simétricamente; logrando penetrar fácilmente en las membranas celulares de plantas y animales (Tapia, 2021).

Rivas (2019), menciona que el aumento de la intensidad del campo magnético ayuda a incrementar la cantidad de enlaces de hidrógeno en un 0,34 %, mejorando así la capacidad de conexión de cada una de las moléculas. Un campo magnético de 50 mt (Militeslas) influye en las propiedades físico-químicas del agua. Siendo posible reducir la tensión superficial aumentando la viscosidad. El efecto biológico del agua de riego tratada magnéticamente depende de la intensidad como también el tiempo de exposición (Chicaiza, 2020).

La tensión superficial del agua hace que su superficie sea impenetrable para objetos con pesos muy pequeños, esto se debe a las fuerzas cohesivas de las partículas, Rivas (2019), ha demostrado en experimentos que hay una disminución del 8% en la tensión superficial del agua cuando existe la aplicación campos magnéticos. Además de los resultados variables en la

reducción del pH del agua, los valores oscilan entre 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, sin embargo, el alargamiento del tiempo de magnetización afecta el aumento en una (1) unidad de pH.

Las variaciones del campo magnético pueden ir aumentando o en este caso reducirse por lo que se realizan investigaciones para encontrar el tiempo ideal de exposición del agua de riego que logre aumentar los índices de las características agronómicas de cada cultivo a realizarse, con el fin de brindar información para el progreso de la agricultura (Gómez, 2017).

El tratamiento de agua de riego magnético es económico y fácil de instalar. La intensidad del campo magnético debe ser superior a 800 G (Gauss), para que el tratamiento sea diferente, el imán debe rodear la tubería o estar cerca del agua de riego (Chicaiza, 2020).

Diversas investigaciones realizadas en los países enfocados al uso de imanes en los sistemas de riego, han presentado resultados positivos en cuanto a una mejor absorción de nutrientes, mayor desarrollo y el incremento en el rendimiento de los cultivos, mejorando las características del suelo mediante la disolución de sales, ayudando a evitar el estrés hídrico que sufren las plantas debido al hecho de que la humedad se mantiene por más tiempo en el suelo (Lino, 2021).

Gracias a la implementación de la magnetización que ha ayudado a purificar las aguas residuales, incidiendo en la degradación de sustancias orgánicas, eliminando contaminantes y residuos industriales, que luego de este proceso pueden ser reutilizados en la agricultura (Escobar, 2016).

Hay que tomar en cuenta que el contenido de salinidad que se encuentra en el agua de riego puede obstruir los emisores de las cintas de goteo. El uso de imanes ayuda a reducir y prevenir los taponamientos, extendiendo así la vida útil de los materiales o equipos instalados para operar el sistema de riego (Ochoa, 2018).

Cuando el agua de riego se somete a una carga magnética, la viscosidad y la tensión superficial se modificará, cambiando así la conductividad eléctrica, lo que aumentará la concentración de oxígeno y promoverá la actividad biológica de los microorganismos, descomponiendo así la materia orgánica presente en el agua, acortando los tiempos en comparación con los tratamientos tradicionales (Mamani y Félix, 2017).

3.8. Determinación de la relación Carbono/Nitrógeno de los diferentes sustratos

Según lo que señala García (2020), es importante conocer los balances de Carbono/Nitrógeno que tienen los sustratos utilizados dentro de la investigación, por lo cual se realizó análisis de suelos identificando la relación C/N que posee cada muestra, estos resultados se los efectuó en los laboratorios; tanto de la Universidad (PUCE-SI), como laboratorios particulares (Labonort),

de cuatro diferentes muestras del suelo, que fueron tomadas en el lugar donde se montó el experimento y de esta forma se conoció el índice de calidad que posee el sustrato a utilizar. Como se puede ver en la tabla 3.

Tabla 3

Resultados de análisis relación Carbono/Nitrógeno de los cuatro tipos de sustratos

Campo	Característica del sustrato	%C	%N	C/N
Muestra 1	Estiércol de oveja + Pomina + Tierra negra	9,27	0,88	10,53
Muestra 2	Cascarilla de café + Pomina + Tierra negra	4,10	0,39	10,51
Muestra 3	Cascarilla de arroz + Pomina + Tierra negra	2,34	0,22	10,64
Muestra 4	Pomina + Tierra negra	2,13	0,20	10,65

La Relación C/N es un índice de la calidad del sustrato orgánico del suelo. Indica la tasa de nitrógeno disponible para las plantas; valores altos implican que la materia orgánica se descompone lentamente, ya que los microorganismos inmovilizan el nitrógeno, por lo que no puede ser utilizado por las plantas; en cambio, valores entre 10 y 14 corresponden a una mineralización y ruptura de tejidos rápida, ya que la actividad microbiana se estimula, por ende, hay nutrientes suficientes para los microorganismos y para los vegetales (Cantú, 2018). Además, si la relación C/N de bacterias y hongos del suelo es menor a 15, implica que con valores bajos los microorganismos serán más eficientes en la descomposición de la materia orgánica (Barreros, 2017).

3.8.1. Preparación de las mezclas en torno a la relación C/N

Principalmente se elaboraron tres tipos de mezclas con los siguientes materiales; cascarilla de café, estiércol de ovino, cascarilla de arroz, los cuales fueron sometidos a un análisis de laboratorio donde se determinó la relación C/N inicial para cada sustrato. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.

Luego se calculó la cantidad de material rico en Carbono y rico en Nitrógeno que se debía mezclar para alcanzar una relación óptima, para esto se usó la siguiente relación (Gamarra et al., 2018):

$$\frac{C}{N}deseada \quad = \frac{C\ en\ 1\ kg\ de\ materia\ rica\ en\ Carbono + x\ (C\ en\ 1\ kg\ de\ materia\ rica\ en\ Nitrógeno}{N\ en\ 1\ kg\ de\ materia\ rica\ en\ Carbono + x\ (\ N\ en\ 1\ kg\ de\ materia\ rica\ en\ Nitrógeno}$$

Donde x representa los kg de peso seco de materia rica en Nitrógeno necesaria para los kg de peso seco de materia rica en Carbono. De esta manera se obtuvieron cuatro mezclas en proporción 1:1:1 siendo recomendada por estar equilibrada (Barreros, 2017).

El rango óptimo en los residuos orgánicos para un correcto compostaje se encuentra entre 20 y 40 a 1. El exceso de cualquiera de los dos componentes conlleva a una situación de carencia. Si el residuo de partida es rico en carbono, pero pobre en nitrógeno, la fermentación será lenta, las temperaturas no serán altas y el carbono se perderá en forma de dióxido de carbono. Para el caso contrario, en altas concentraciones relativas de nitrógeno, éste se transformará en amoníaco, impidiendo la correcta actividad biológica (Castro, Aldrete, López y Ordaz, 2019).

3.8.2. Análisis de Carbono/Nitrógeno

La relación Carbono/Nitrógeno de hongos y bacterias del suelo son menores de 15, significa que, los valores de C/N son bajos, los microorganismos descompondrán la materia orgánica con mayor eficacia (Barreros, 2017).

Actualmente existen tablas que muestran con más facilidad las relaciones de C/N de varias materias primas, las mismas que sirvieron de guías para la investigación. Estas tablas reducen el tiempo que se realizaría en laboratorios, pero pese a esto se realizó ambas opciones tanto análisis en laboratorio y mediante guía de tablas (Castro, 2019). Por ejemplo, la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 4

Relaciones de carbono y nitrógeno de varias materias.

Material	Relación C/N	Material	Relación C/N
Paja de caña de azúcar	49/1	Aserrín caducifolias	160/1
Restos de frutas	40/1	Viruta	100/1 - 150/1
Hierba seca gramínea	81/1	Bagazo de caña de azúcar	103/1
Aserrín	200/1 - 600/1	Hojarasca seca	47/1
Paja de avena	60/1 - 150/1	Hojarasca fresca	17/1
Césped fresco	14/1	Alfalfa seca	25/1
Paja de arroz	100/1	Hojas roble-sauce	20/1 -30/1
Peladura de papa	25/1	Pomina	11/1
Paja de trigo - cebada	100/1 -150/1	Corteza de pino	723/1
Rastrojo leguminoso	10/1-15/1	Cascarilla de café	20/1
Rastrojo de Maíz	100/1 - 150/1	Cascarilla de arroz	66/1 - 95/1
Tierra negra	8/1	Estiércol de ovino	32/1

Nota. Adaptado de "Codigestión de estiércol de bovino y residuo de poda para la producción de biogás mediante digestión anaerobia con agitación a escala laboratorio" (p. 2), por Giraldo et al, 2019, *Gestión y Ambiente, 22*(2).

Se debe tomar en cuenta que:

-Las relaciones menores a 20/1, da alta disponibilidad de nitrógeno y baja de carbono.

-Las relaciones entre 20 y 40 moderada disponibilidad de nitrógeno y carbono**.**

-Las relaciones mayores a 40/1 baja disponibilidad de nitrógeno y alta de carbono.

Existe evidencia de que la pérdida de nitrógeno como el amoniaco ocurre cuando la relación C/N en la mezcla inicial es baja por ende el rango de 20/1 a 40/1 es el más óptimo. Por lo tanto, la forma más fácil de ajustar la relación C/N es mezclar diferentes materiales con alto y bajo contenido de nitrógeno (Gamarra et al., 2018).

Delgado (2019), señala que, para acelerar la mineralización, los microorganismos deben consumir el carbono que proviene de otros materiales que tengan una composición orgánica que se degrade fácilmente como la celulosa y hemicelulosa. Uno de los principales componentes del tejido vegetal es la lignina, que tiene una fuerte resistencia a la acción microbial.

3.9. Evaluación del efecto de la relación agua magnetizada y sustratos sobre el rendimiento del cultivo

Carbonell, Flórez, Martínez y Álvarez (2017), citado de Pitman (1965), realizaron estudios de campo magnético observando que las plantas de trigo *(Triticum spp.)* tuvieron mayor alargamiento. Luego se confirmó el efecto estimulante como tratamiento para semillas con bajo poder germinativo, por otro lado, en plantas de cebolla *(Allium cepa)* y arroz *(Oryza sativa)* se obtuvo un aumento del pigmento fotosintético y del contenido de carbohidratos.

Posteriormente, se realizaron pruebas de campo magnético con una intensidad de 6 mt (Militeslas) en cultivos como el haba *(Vicia faba),* tomate *(Lycopersicon esculentum P. Mill.)* y maíz *(Zea mays).* Produciendo mayor desarrollo foliar y elevando el rendimiento en los cultivos investigados (Rodríguez, 2018).

Gracias al uso de esta tecnología se han logrado buenos resultados en el aumento de la producción agrícola y el uso eficiente del recurso hídrico. En algunos casos, no se ha podido demostrar ningún efecto significativo. Debiendo revisar las condiciones bajo las cuales se presentan los efectos para poder hacer recomendaciones en la aplicación de la magnetización del agua (Zamora et al., 2020).

La aplicación del campo magnético tiene excelentes efectos sobre la biosíntesis de proteínas, el contenido de ácidos nucleicos, la actividad fotoquímica y la reducción del período de desarrollo

de las plantas, y se considera un método alternativo que se utiliza a menudo en la agricultura de precisión (Narciandi y Rivera, 2020).

Las acuaporinas se encuentran en las células vegetales, cuya función es permitir el acceso del agua, la regulación del volumen y la participación en el alargamiento celular. Estas actividades pueden estar coordinadas por señales moleculares que regularán su estimulación. Una de estas señales puede ser la luz solar que condiciona la cantidad de agua que existe en las plantas (Dávila, Gómez, Vera y Sánchez, 2019).

De acuerdo al criterio científico, se puede suponer que el efecto del campo magnético en el agua de riego puede modular un estímulo, aumentando la longitud y el diámetro del tallo, permitiendo una apertura de estomas por la elongación celular iniciando la transpiración que es el proceso fisiológico del metabolismo de la planta (Ochoa, 2018).

La permeabilidad de la membrana se ve comprometida, lo que conduce a una mayor absorción y acumulación de macronutrientes y micronutrientes. Un aumento de la actividad química, enzimática y respiratoria. Por ejemplo, la planta de guisantes *(Pisum sativum L.)* produjeron una mayor absorción de calcio en las células radiculares. Este mineral es esencial en los factores de respuesta al estrés en el proceso de crecimiento de las plantas (Dávila, 2019).

Sin embargo, cuando se utilizan tratamientos físicos como la inducción magnética, se pueden crear condiciones favorables para obtener un mayor porcentaje de germinación y otros procesos fisiológicos de las plantas que se han establecido en campo (Lino, 2021).

Como resultado, se establecen cultivos exitosos y confiables que resistirán los efectos del cambio climático, manteniendo la absorción efectiva de nutrientes del suelo aumentando los rendimientos. Debido a la activación de la síntesis de proteínas y cambios a nivel celular, las raíces promueven su desarrollo, aumentando así la viabilidad, organización y diferenciación celular (Cortes et al., 2019).

Los cultivos aumentan su desarrollo y logran una mayor competencia contra las malezas existiendo factores que pueden relacionarse con una mayor absorción de nutrientes y un mayor movimiento intracelular. El efecto sobre la planta se debe al crecimiento acelerado de sus raíces. Además, se ha encontrado que la sensibilidad de las mitocondrias ante la inducción magnética, conduce a un mayor crecimiento, con relación al tamaño y el volumen (Aranzazu, 2019).

Debido al mayor crecimiento vegetativo, madurez temprana, mayores rendimientos, mejor calidad de cultivo y uso efectivo de fertilizantes, los costos de producción agrícola se reducen. Se ha demostrado un efecto similar al producido por la hormona auxina en las raíces junto a la

maduración de frutos, al mismo tiempo, se puede estimular la actividad fotosintética, los sistemas de defensa de las plantas y la reducción del estrés hídrico (Llanos, 2018).

Rivas (2019), menciona que la exposición durante 30 y 60 min puede producir diferentes resultados en el crecimiento del tallo y la raíz del cultivo de arroz, siendo muy beneficioso los 30 min de exposición. Sin embargo, al utilizar la polaridad (norte-sur) de los imanes en semillas de mostaza, es posible lograr una mayor longitud de las plantas, un mayor número de brotes y un mayor rendimiento.

Yahya e Islam (2017), afirman que la respuesta de cultivo de girasol *(Helianthus annuus)* al suministrarse agua de riego con inducción magnética fue bastante aceptable, donde se pudo observar que la longitud de la planta incrementó de 4,7 % a 5,3 %, el peso seco de las raíces en 4,8 % a 7,5 % de esta forma aumentando el rendimiento en un 44 %.

Asimismo, en suelos arenosos poco fértiles, se evaluaron los efectos del agua tratada magnéticamente con equipos de la compañía Magnetic Technologies, en plantas de amaranto *(Amaranthus caudatus)* obteniendo buenos resultados en el aumento del número de semillas recolectadas, mejorando el valor nutricional y la reducción de frecuencias de riego (Cuervo, 2018).

De estas pruebas e investigaciones se puede concluir que los campos magnéticos podrían utilizarse como agentes estimulantes de crecimiento tanto para plantas como para la amplia variedad de semillas de interés económico (Ospina et al., 2018).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1. Materiales utilizados para la adecuación del lote de terreno:

- Bomba para fumigar de 20 litros
- NASA Herbicida 1 litro; usado para eliminar malezas del lote de terreno
- Estacas
- Rastrillos
- Palancones
- Martillo
- Pala recta
- Azadón
- Clavos
- Rastrillo
- Estacas
- Cinta o piola

4.1.2. Maquinaria utilizada en el lote de terreno:

- Tractor New Holland utilizado para labrar el terreno.

4.1.3. Materiales generales indispensables para la fase de campo:

- Caja de magnetización para tubería de ¾”
- Pingos o postes de madera
- Tiras de madera de 2 m de largo
- Imanes de neodimio N52
- Plástico negro para acolchado de camas
- Libreta de apuntes
- Tijera de podar
- Rótulos o letreros para señalética de los distintos tratamientos
- Análisis de laboratorio relación Carbono/Nitrógeno
- Análisis de agua

- Sustratos (pomina, cascarilla de arroz, cascarilla de café, estiércol de ovino, tierra negra)
- Plántulas de frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión

4.1.4. Equipo de tecnología para trabajo de campo

- Cámara fotográfica
- Impresora
- Celular

4.1.5. Materiales y equipos de Laboratorio

- Conductímetro
- Estufa
- Desecador de cristal
- Mufla
- pH-metro o potenciómetro
- Pinzas
- Balanza analítica o digital
- Calibrador
- Brixómetro o refractómetro digital
- Crisol, papel aluminio, magnetos
- Agitador magnético

4.1.6. Programas de análisis

- Microsoft® Excel® 2013, versión; MSO (15.0.4420.1017) 32 bytes
  Id. del producto: 02260-40000-00000-AA 803
- InfoStat 2017.1.2, versión; CBU (0110213220021319127945) 313.929.728 bytes

4.2. Metodología

Tabla 5

Ubicación y climatología del área de estudio

Ubicación política	
Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	Caranqui
Sector	10 de agosto
Ubicación geográfica	
Latitud	N 0°19’51.95”
Longitud	W 78°08’10.23”
Altitud	2.235 m.s.n.m.
Características agroclimáticas del área de estudio	
Temperatura media anual	16 ºC
Temperatura máxima mensual	21 ºC
Temperatura mínima mensual	12 ºC
Precipitación anual	1225,7 mm año
Humedad relativa	82 %

Nota. Adaptado de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de Ecuador (INAMHI), 2018.

4.3. Variables

4.3.1. Variables Independientes

- Tipo de agua
  - Con agua magnetizada al 100%
  - Sin agua magnetizada al 100%
- Sustratos
  - T1, T2, T3, T4 (testigo)

4.3.2. Variables dependientes

- Altura de la planta
- Número de días a la floración
- Número de frutos
- Rendimiento
- Número de días a la cosecha
- Grados Brix

4.4. Diseño Experimental

En la investigación se utilizó el diseño de parcelas divididas, con tres tratamientos más un testigo con tres repeticiones por cada uno, evaluándose el agua magnetizada al 100% y agua sin magnetizar, por cada unidad experimental, organizado en 3 bloques, obteniéndose un total de 24 unidades experimentales (figura 1). Además, se realizó la prueba de significancia Shapiro-Wilks para conocer la normalidad de los datos.

4.4.1. Esquema del análisis de varianza

Tabla 6

Esquema ADEVA

Fuentes de variación (FV)	Grados de libertad (GL)
Bloque	2
Sustrato (T)	3
Error (a)	6
Agua (A)	1
Interacción Sustrato x Agua (TxA)	3
Error (b)	8
Total	23

Factores:

- Sustratos (T1, T2, T3, T4)
- Tipos de agua (A1, A2)

4.4.2. Unidades experimentales

Las unidades experimentales midieron 2 m de largo x 0,40 cm de ancho que fueron establecidas sobre un soporte de altura utilizando pingos y tablas de madera en campo al aire libre, en cada una de las unidades experimentales se instaló un sistema de riego localizado por método de goteo (figura 2).

En cada unidad experimental se trasplantaron 15 plántulas de frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión, de 11 días de crecimiento vegetativo, con una altura promedio de 3,7 cm. Se instalaron tres bloques con sus tratamientos y repeticiones, resultando 24 unidades experimentales trasplantando un total de 360 plantas a una distancia de 20 cm entre planta y 25 cm entre hileras. Conforme se detalla en la tabla 7.

Tabla 7

Características de las unidades experimentales

Descripción	Medidas
Área total del ensayo	160 m²
Total unidades experimentales	24
Forma	Rectangular
Tamaño de la Unidad Experimental	(2 m x 0,40 cm)
Área de borde (efecto borde)	2,5 m^2
Número de plantas por UE	15 plantas
Distancia de siembra	0,20 cm x 0,25 cm
Altura de cada UE	1 m
Separación entre UE	1 m
Número total de plantas a evaluar	360 plantas

Nota. Para el análisis de los datos de las variables dependientes se evaluó el total de plantas siendo 15 plantas de cada unidad experimental.

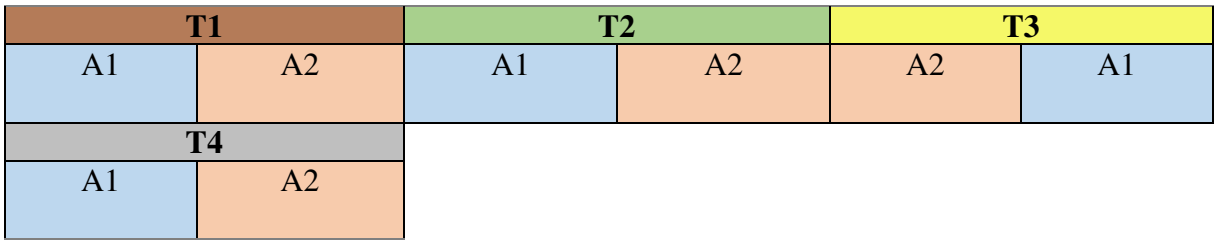
En el proyecto se realizó una parcela experimental, evaluando la frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión, con 3 diferentes tipos de sustratos más un testigo, las condiciones a las que estaba expuesta la investigación fue en campo al aire libre.

4.4.3. Distribución de las unidades experimentales (parcela grande y subparcela).

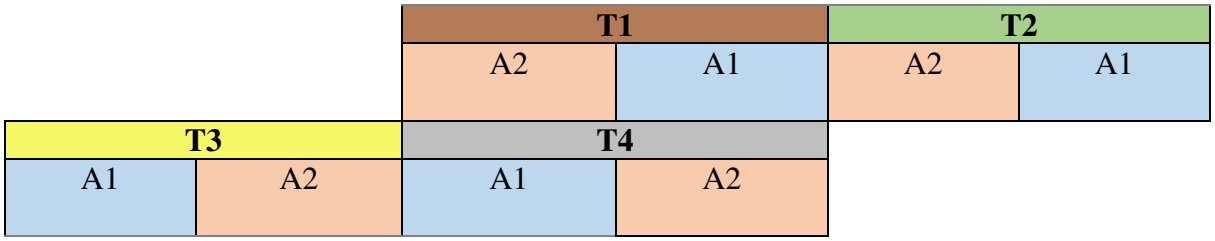
Figura 1

Diseño del ensayo dividido por bloques, sustratos y tipos de agua.

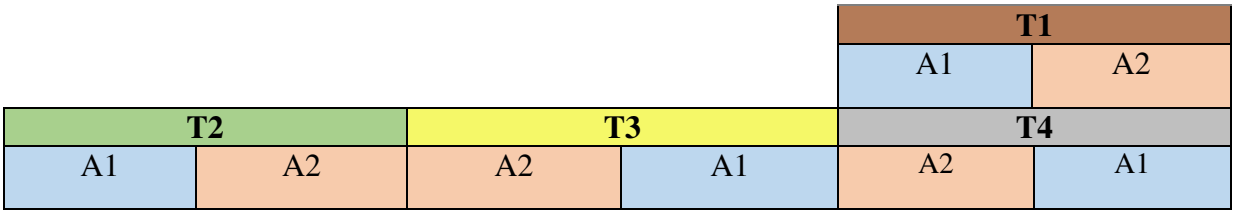
Bloque I



Bloque II



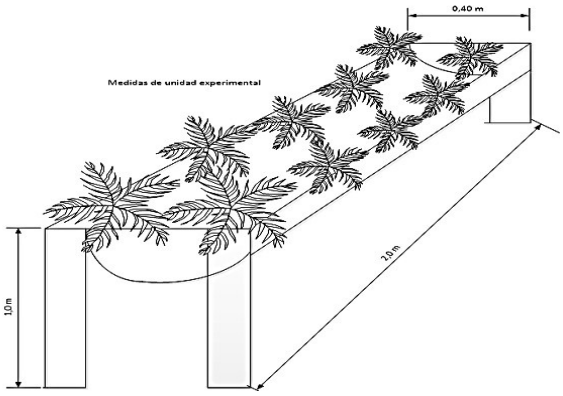
Bloque III



Nota. A1 (sin agua magnetizada), A2 (con agua magnetizada). Croquis del ensayo dividido por bloques y sustratos; (Parcela grande), tipos de agua; (Subparcela).

Figura 2

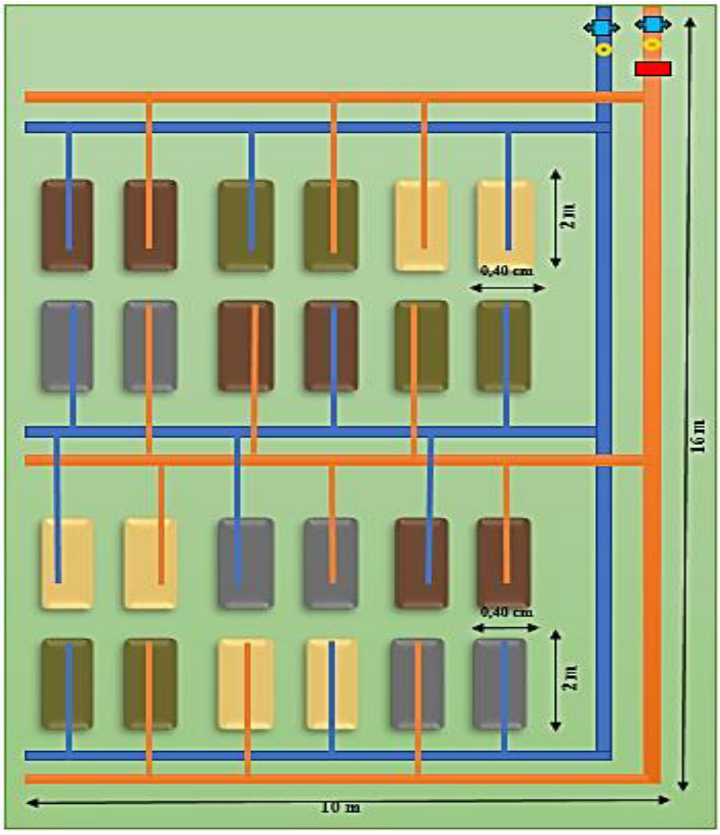
Diseño de la Unidad Experimental



4.4.4. Distribución de las unidades experimentales evaluadas en el ensayo

Figura 3

Distribución de unidades experimentales



4.5. Variables investigadas

4.5.1. Variable independiente

En la investigación se realizaron tres combinaciones de los diferentes sustratos (tabla 8) que fueron la base para el crecimiento y desarrollo del cultivo de frutilla de variedad *(Fragaria ananassa)* variedad albión, situados como tratamientos incluyendo el método de riego por goteo para cada unidad experimental indicada, y más un testigo que sirvió como control, cada uno de los factores evaluados se detallan a continuación:

Tabla 8

Formulación del factor sustrato

Sustratos	Cultivo
T1: Aplicación de tierra negra + pomina + cascarilla de café.	Frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión
T2: Aplicación de tierra negra + pomina + estiércol de ovino	
T3: Aplicación de tierra negra + pomina + cascarilla de arroz.	
T4: Testigo con aplicación de pomina + tierra negra.	

Tabla 9

Formulación del factor agua

Tipo de agua	Cultivo
A1: Aplicación de agua sin magnetismo	Frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión
A2: Aplicación de agua con magnetismo	

4.5.2. Variables dependientes evaluadas en campo

El comportamiento agronómico del cultivo de frutilla orgánica *(Fragaria ananassa)* variedad albión evaluados son los siguientes:

4.5.3. Altura de la planta

Para medir la altura de la planta se utilizó un calibrador manual o flexómetro dando valores en cm, midiendo 15 plantas de cada cama del ensayo, desde la base del cuello hasta la hoja más alta desarrollada. Esta actividad de medición se realizó a los 28, 56 y 84 días después del trasplante (Briceño, 2021).

4.5.4. Número de días a la floración (Etapa fenológica)

Se inició registrando la toma de lecturas en la libreta de campo, monitoreando una vez por semana específicamente cada día lunes, cuando las plantas alcanzaron el 50% de botones florales en la unidad experimental siendo consideradas como el número de días a la floración (Villagra et al., 2021).

4.5.5. Número de frutos por planta

Se contabilizó el número de frutos del total de plantas muestreadas (15 plantas) por cada unidad experimental, los cuales fueron registrados en la libreta de campo. De esta forma disminuye el porcentaje de error para una mejor precisión y exactitud de los valores obtenidos durante el experimento (Shindoi et al., 2020).

4.5.6. Rendimiento

Se evaluaron los frutos de cosecha seleccionados de cada unidad experimental y se los pesó en gramos y después en kilogramos, efectuándose a los 150 días después del trasplante, tomando datos en cada cosecha realizada, desde el inicio de la producción durante los cinco primeros meses de su primer ciclo (Lizárraga et al., 2018).

4.5.7. Número de días a la cosecha

Se evaluó los días a la cosecha a partir de los frutos que ya presentaban un buen estado de madurez o completo desarrollo, basándose a simple vista en el color de la superficie de la baya, siendo como mínimo un ½ o ¾ partes de la superficie externa de color rojo o rosa. Este tiempo fue determinado por el progreso del cultivo (Monroy, 2018).

4.5.8. Grados Brix

Se utilizó un refractómetro digital para la determinación de los sólidos solubles totales y conocer los grados brix que poseen los frutos almacenados al ambiente, midiendo la concentración total de sacarosa disuelta, extrayendo una gota de zumo de siete frutos tomados al azar, por cada unidad experimental de cada tratamiento y repetición a los 150 días después del trasplante. Expresando los valores en porcentaje (Morocho, 2018).

4.6. Manejo del experimento

4.6.1. Preparación del suelo

Para la realización del ensayo se seleccionó un terreno de topografía plana, con un grado de pendiente de 2 % que contaba con fácil acceso a agua de riego, la preparación del suelo se la realizó con un tractor agrícola y constó de un pase de arado y dos de rastra, para finalmente ser nivelado y eliminar malezas (Llumiquinga, 2017).

4.6.2. Delimitación y diseño del área de investigación

Se implementó el diseño con la ayuda de estacas de madera y piola, delimitando las unidades experimentales a fin de identificar los tratamientos y bloques, una vez establecido se procedió a colocar una cerca de protección con postes 2 m de altura para soporte, junto con malla sarán al 65 % color negro para cerramiento, con el fin de evitar el ingreso de animales domésticos (Rosado, 2019).

4.6.3. Riego

El cálculo de la frecuencia del riego se realizó tres veces por semana, desde el inicio hasta el final de la investigación. La lámina de riego calculada depende del Kc y de la fenología del cultivo (tabla 10), observando que en la fase fenológica inicial fue de 2,50 mm día^{-1} lo que equivale a (2,50 l^{-1} m² día^{-1}), siendo la eficiencia de riego por goteo de 90 %; el tiempo de riego fue de 6 min, en la fase media fue 3,88 mm día^{-1} o (3,88 l m² día^{-1}) , con un tiempo de riego de 9 min y en su fase final que fue de 4,72 mm día^{-1} o (4,72 l^{-1} m² día^{-1}), con un tiempo de 11 min; el riego se suministraba generalmente por las tardes a partir de las 17h00, para evitar la evapotranspiración por los rayos solares. Siendo estas las horas recomendadas por diversos autores (Córdova, 2019). El cálculo de la lámina de riego se puede identificar en el anexo 37.

Tabla 10

Parámetros para el diseño agronómico de riego del cultivo

Parámetros para el Sistema de Riego	
Riego recomendado	Goteo
Dimensiones del terreno	165 m²
Pendiente del terreno	2 %
Profundidad de la raíz	25 cm
Eficiencia del riego	90 %
Evapotranspiración	5 mm día^{-1}
Kc del cultivo	0,45 - 0,70 - 0,85 mm fase^{-1}
Factor evaporímetro	0,7 mm día^{-1}
Distancia entre hilera	0,25 cm
Distancia entre planta	0,20 cm

Tabla 11

Coeficiente de desarrollo estacional Kc del cultivo de frutilla (Fragaria ananassa) variedad albión

Etapa de desarrollo después del trasplante (ddt)	Kc	Lámina de riego (mm día^{-1})	Volumen de agua m^3 ha^{-1}	Tiempo de Riego min.
Inicial 1 - 50 días	0,45	2,50	25,02	6
Medio 51 -100 días	0,70	3,88	38,83	9
Final 101 - 150 días	0,85	4,72	47,24	11

4.6.4. Implementación del sistema de riego

El agua fue distribuida por un sistema de conducción tanto centrales como laterales, que fueron colocadas a 20 cm bajo tierra, consiste en dos redes principales de mangueras de 1 ½", siendo canales principales de distribución de agua de riego posteriormente enlazadas a cintas de goteo de 16 mm, provistas de goteros a una distancia específica de 15 cm entre ellos, las cuales fueron distribuidas a lo largo de cada cama de las 24 unidades experimentales (Valencia, 2019). Cada gotero que posee la cinta tiene la capacidad de esparcir la energía ejercida por el agua y poder generar un caudal propio. Cada conducción de agua contaba con un filtro para evitar las impurezas que se encontraban en el agua de riego. Siendo características fundamentales al momento de realizar una correcta instalación de riego (Salinas, 2019).

La lámina y frecuencia de riego del cultivo de frutilla determinados obtuvieron los siguientes tiempos de riego con y sin magnetización; 6 min para la fase fenológica 1 del cultivo, 9 min para la fase 2 y 11 min para la fase 3.

Para saber si el 100% de magnetización del agua de riego, influyó en los tratamientos que se investigaron en el presente estudio se expone en las siguientes tablas 12, 13, 14.

Tabla 12

Tiempos de magnetización del agua de riego según fase fenológica 1 por tratamiento

Fase fenológica	Kc	Lámina de riego (mm día^{-1})	Frecuencia de riego (min)	Tratamientos
I	0,45	2,50	6	T1 (100%)
I	0,45	2,50	6	T2 (100%)
I	0,45	2,50	6	T3 (100%)
I	0,45	2,50	6	T4 (100%)

Nota. El cálculo de lámina de riego se puede identificar en el anexo 37. Adaptado de *Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos,* por Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2017.

Tabla 13

Tiempos de magnetización del agua de riego según fase fenológica 2 por tratamiento

Fase fenológica	Kc	Lámina de riego (mm día^{-1})	Frecuencia de riego (min)	Tratamientos
II	0,70	3,88	9	T1 (100%)
II	0,70	3,88	9	T2 (100%)
II	0,70	3,88	9	T3 (100%)
II	0,70	3,88	9	T4 (100%)

Nota. El cálculo de lámina de riego se puede identificar en el anexo 37. Adaptado de *Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos,* por Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2017.

Tabla 14

Tiempos de magnetización del agua de riego según fase fenológica 3 por tratamiento

Fase fenológica	Kc	Lámina de riego (mm día^{-1})	Frecuencia de riego (min)	Tratamientos
III	0,85	4,72	11	T1 (100%)
III	0,85	4,72	11	T2 (100%)
III	0,85	4,72	11	T3 (100%)
III	0,85	4,72	11	T4 (100%)

Nota. El cálculo de lámina de riego se puede identificar en el anexo 37. Adaptado de *Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos,* por Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2017.

4.7. Diseño del equipo de inducción magnética

El dispositivo magnético utilizado en el factor agua, está conformado por cuatro imanes N52 de neodimio, cada imán está colocado y sujetado por un tornillo de aluminio en la pared de madera de 8,5 cm formando un cubo, con una fuerza de 1200 Gauss. Para la conducción de riego magnetizado se procede a colocar el dispositivo sostenido por la tubería PVC que es material no magnético. El dispositivo no usa electricidad siendo amigable para el ambiente (Córdova, 2019). La funcionalidad del dispositivo se demuestra en el anexo 13.

Figura 4

Equipo de inducción magnética



4.7.1. Características de los imanes seleccionados para la investigación

Los imanes utilizados fueron de neodimio, hierro y boro, de forma circular o de tipo arco cuyas dimensiones: 20 mm de largo, 3 mm de espesor, 5 mm de agujero, con una fuerza de sujeción de 3,4 kg y con recubierto de níquel. En la tabla 15 se especifican las características y propiedades magnéticas (Maldonado & Nogales, 2017).

Tabla 15

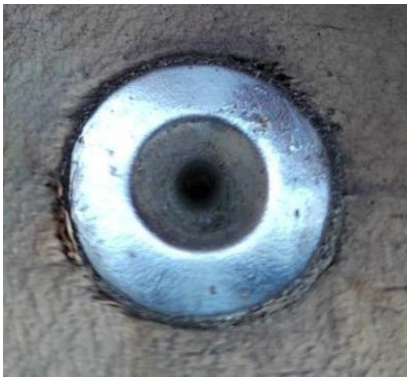
*Especificación técnica del imán de neodimio N52 (20*3 mm de anillo avellanado con agujero de 5 mm)*

Propiedades	Valor
Calidad de magnetización	N52
Inducción Magnética o Densidad de Flujo magnético	0,12 - 0,17 (T) ↔ 1200 - 1700 (G)
Coercitividad* de densidad de flujo (bHv) [1]	10,8 - 12,5 (kOe) ↔ 860 - 995 (kA m^{-1})
Coercitividad intrínseca de polarización (iHc) [2]	≥ 12 (MGOe) ↔ 380 - 420 (kA m^{-1})
Producto energético máximo [3]	48 - 53 (MGOe) ↔ 3180 - 334 (kJ m^3)
Temperatura de servicio máximo [4]	≤65 (ºC)

Nota. *Coercitividad (HC), intensidad del campo necesario para desmagnetizar completamente un imán.
(1) Campo magnético HC necesario para reducir a cero la inducción magnética B.
(2) Campo magnético HC necesario para reducir a cero la magnetización M.
(3) Máx. energía magnética almacenada, producto de densidad de flujo B e intensidad del campo H (BxH).
(4) Temperatura máxima de exposición que puede resistir sin que se produzcan cambios estructurales o inestabilidades en sus propiedades. Si supera esta temperatura, perderá parte de su magnetización.
Adaptado de "Imanes permanentes: características, aplicaciones y futuro" (p. 221-233), por G. Pérez, 2017, *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 40*(155).

Figura 5

Imán de neodimio usado en la investigación



4.8. Elaboración del soporte para camas de producción

Se utilizó 120 pingos de madera de 48; (1 m de largo) y 72; (1,10 m de largo)
72 tiras de madera de 2 m de largo
72 tiras de madera de 0,40 cm de largo

4.8.1. Elaboración de mezclas de sustratos para la producción

Para la elaboración de la mezcla de los diferentes sustratos para esta investigación se basó en lo propuesto por Bareiro, (2019) según sus manuales de producción de frutilla. Se detalla de la siguiente manera:

Los sustratos para elaborar el TRATAMIENTO 1:

a) Aplicación de tierra negra + pomina + cascarilla de café.

Se detallan los ingredientes y cantidades de los sustratos orgánicos mezclados para el total de camas de la unidad experimental.

- 60 lb de cascarilla de café
- 60 lb de pomina
- 60 lb de tierra negra
- 3,30 lb de cal agrícola

} Total para (6 camas)

Los sustratos para elaborar el TRATAMIENTO 2:

b) Aplicación de tierra negra + pomina + estiércol de ovino.

Se detallan los ingredientes y cantidades de los sustratos orgánicos mezclados para el total de camas de la unidad experimental.

- 60 lb de estiércol de ovino (fresco)
- 60 lb de pomina
- 60 lb de tierra negra
- 3,30 lb de cal agrícola

} Total para (6 camas)

Los sustratos para elaborar el TRATAMIENTO 3:

c) Aplicación de tierra negra + pomina + cascarilla de arroz.

Se detallan los ingredientes y cantidades de los sustratos orgánicos mezclados para el total de camas de la unidad experimental.

- 60 lb de cascarilla de café
- 60 lb de pomina
- 60 lb de tierra negra
- 3,30 lb de cal agrícola

} Total para (6 camas)

Los sustratos para elaborar el TRATAMIENTO 4:

d) Testigo; con aplicación de pomina + tierra negra.

Se detallan los ingredientes y cantidades de los sustratos orgánicos mezclados para el total de camas de la unidad experimental.

- 90 lb de tierra negra
- 90 lb de pomina
- 3,30 lb de cal agrícola

} Total para (6 camas)

Cada cama experimental con su combinación de sustratos pesaba alrededor de 184 lb (84 kg) aproximadamente, en proporción 1:1:1.

La cal agrícola es utilizada como enmienda para mejorar las características del suelo agrícola: acidez, porosidad y actividad biológica del suelo, provee una mejor fijación de nitrógeno, aumenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas, reducir las toxicidades en el suelo, mejorar la efectividad de algunos herbicidas, suministro de calcio magnesio y otros nutrientes para los cultivos (Arenosa, 2019).

Tabla 16

Resultado del análisis de sustrato del tratamiento 1 (mezcla de cascarilla de café, pomina y tierra negra)

Nutriente	Cantidad
pH	7,93 (H^+)
Textura	Franco limoso
Nitrógeno (N)	70,00 ppm
Fósforo (P)	34,90 ppm
Potasio (K)	5,68 meq 100 ml^{-1}
Calcio (Ca)	15,92 meq 100 ml^{-1}
Magnesio (Mg)	3,24 meq 100 ml^{-1}
Materia Orgánica	7,76 %

Tabla 17

Resultado del análisis de sustrato del tratamiento 2 (mezcla de estiércol de oveja, pomina y tierra negra)

Nutriente	Cantidad
pH	7,56 (H^+)
Textura	Franco limoso
Nitrógeno (N)	135,00 ppm
Fósforo (P)	193,06 ppm
Potasio (K)	7,92 meq 100 ml^{-1}
Calcio (Ca)	20,19 meq 100 ml^{-1}
Magnesio (Mg)	8,19 meq 100 ml^{-1}
Materia Orgánica	17,55 %

Tabla 18

Resultado del análisis de sustrato del tratamiento 3 (mezcla de cascarilla de arroz, pomina y tierra negra)

Nutriente	Cantidad
pH	7,11 (H^+)
Textura	Franco arenoso
Nitrógeno (N)	85,00 ppm
Fósforo (P)	19,29 ppm
Potasio (K)	4,60 meq 100 ml^{-1}
Calcio (Ca)	22,21 meq 100 ml^{-1}
Magnesio (Mg)	4,07 meq 100 ml^{-1}
Materia Orgánica	4,42 %

Tabla 19

Resultado del análisis de sustrato del tratamiento 4 testigo (mezcla de pomina y tierra negra)

Nutriente	Cantidad
pH	5,75 (H^+)
Textura	Franco limoso
Nitrógeno (N)	25,00 ppm
Fósforo (P)	9,81 ppm
Potasio (K)	3,28 meq 100 ml^{-1}
Calcio (Ca)	21,61 meq 100 ml^{-1}
Magnesio (Mg)	4,97 meq 100 ml^{-1}
Azufre (S)	33,5 ppm
Materia Orgánica	4,04 %

4.8.2. Cobertura plástica para camas de producción

Para realizar el correcto acolchado de las camas se utilizó plástico negro de 100 µm (micras) de espesor, sin perforaciones, esta cobertura permitió proteger al cultivo de forma que la planta va alojada en orificios realizados sobre dichas láminas (Vidal, 2019). La impermeabilidad del material evita la evaporación del agua del suelo lo que le convierte en un buen regulador hídrico y economizador de agua y también reduce el crecimiento de malezas.

La ventaja del suelo acolchonado es que el fruto que se obtiene es limpio y evita el ataque de insectos que afectan al fruto, al mismo tiempo evita el costo del deshierbe (Mipaz, 2019).

4.8.3. Trasplante

El trasplante se realizó a raíz desnuda, procediendo en primera instancia con el hoyado en la cobertura plástica, ubicando 15 plantas por unidad experimental a una distancia de 20 cm entre planta y 25 cm entre hileras, teniendo un total de 360 plantas en esta investigación.

La homogeneidad de las plántulas a utilizar en el experimento se constituyó como factor determinante por lo cual, se utilizaron plántulas de frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión, de la empresa LLAHUEN S.A. situada en la región de Los Lagos en Chile, las cuales se recibieron 20 días después de la germinación.

El trasplante se realizó en las horas de menor influencia del sol, siendo estas desde 16:00 hasta las 18:00 horas para evitar el estrés hídrico de las plántulas. Ubicándose en las unidades

experimentales, las cuales estuvieron a capacidad de campo con una humedad promedio de 60 % (Córdova, 2019).

4.8.4. Control fitosanitario

El control de plagas y enfermedades fue realizado según la recomendación de (Llumiquinga, 2017), de forma preventiva, a los 30 días a partir del trasplante y posterior a eso se realizó una última aplicación a los 120 días. Realizándose 2 fumigaciones en total. Usando una bomba de mochila de 20 l debidamente calibrada, las fumigaciones se realizaron en las horas de baja intensidad lumínica. Los fitosanitarios utilizados para el control de plagas y enfermedades se detallan en la tabla 20.

Tabla 20

Control de plagas y enfermedades

Fitosanitario	Dosis por hectárea	Plagas y enfermedades
Lorsban	2 l	Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda)*
Botran 75 WP	300 - 350 g	Moho gris *(Botrytis cinérea)*
Neem X ®	1,5 l	Trips (*Frankliniella occidentalis*)
Fast EC+	80 - 100 cm^3	Araña roja *(Tetranychus urticae)*

Nota. Adaptado de *Determinación de las plagas y enfermedades que atacan al cultivo de Fresa (Fragaria sp.), en la comunidad de Chilcapamba, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura*, por H. Guerrero, 2018.

4.8.5. Control de malezas

Se realizaron labores de limpieza de malezas alrededor de las camas, mediante el uso de herramientas manuales como azadones, palas y rastrillo, realizándose cada 45 días, con el fin de eliminar las plagas que puedan afectar el cultivo (Encalada y Landázuri, 2017).

4.8.6. Poda

La poda se realizó cada 3 semanas, eliminando principalmente estolones ya que durante el desarrollo del cultivo es importante eliminar los tallos laterales o estolones que emergen desde la base de la planta, siendo una salida de nutrientes, además de adoptar una manera temprana de propagarse representando pérdidas para el agricultor porque retarda la floración y por ende los frutos a cosechar (Mora & Ivars, 2019).

A partir del tercer mes se retira hojas secas o material vegetativo que ya cumplió su ciclo, acumulándose de gran cantidad sobre el acolchado de las plantas, consecuencia también del calor producido por la cobertura de polietileno negro. Esta hojarasca retiene la humedad que facilita el ataque de hongos a la fruta, además dificultando la aplicación de plaguicidas (Pérez, 2018).

4.8.7. Cosecha

Se realizó cosechas manuales dos veces por semana; los días lunes y jueves desde el momento que los frutos se encontraban en estado maduro de color rojo intenso en más de sus tres cuartas partes, posteriormente se procedió a colocarlas en recipientes limpios (Lizárraga, 2018).

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Pruebas de normalidad y homogeneidad de la varianza

Obtenidos los resultados de la investigación, los datos fueron tabulados y analizados, mediante los distintos programas mencionados anteriormente. Las variables evaluadas fueron examinadas estadísticamente mediante un análisis de varianza (ADEVA), realizándose también pruebas de normalidad de Shapiro Wilk, obteniendo las *p value* de las variables dependientes de campo y de laboratorio, observándose que los datos obtenidos se encuentran distribuidos normalmente bajo el nivel de significancia de la prueba Tukey 5% de confianza.

Tabla 21

Prueba de normalidad Shapiro Wilk de las variables investigadas

Variable	***Observaciones***	***Media***	***Desviación estándar***	***W****	***p valor***
Campo					
Altura de la planta					
Altura 28 Días	24	6,93	0,709	0,96	0,72
Altura 56 Días	24	12,24	2,031	0,91	0,13
Altura 84 Días	24	13,45	2,205	0,93	0,29
Días a la Floración					
Floración	24	4,39	1,223	0,93	0,24
Frutos por planta					
Número de frutos por planta	24	11,02	2,000	0,99	0,99
Rendimiento					
Rendimiento (kg) frutos por planta	24	0,44	0,079	0,99	0,99
Días a la cosecha					
Cosecha	24	2,17	0,861	0,96	0,78
Grados Brix					
Brix del fruto	24	9,65	1,224	0,96	0,74

5.2. Variables dependientes evaluadas en campo

5.2.1. Altura de la planta en (cm) a los 28 días después del trasplante

Se evidencia que los datos obtenidos tras la toma de altura de las plántulas a los 28 días después del trasplante, mediante la aplicación de los diferentes tratamientos, presentan un carácter paramétrico, evidenciando una distribución normal, así también se evidencia que los valores obtenidos con la aplicación de los diferentes tratamientos, son iguales en cuanto al análisis estadístico.

La tabla 22, muestra el análisis estadístico para la variable altura de las plantas a los 28 días, tras la aplicación de los diferentes tratamientos. De esta manera se evidencia diferencia significativa en la aplicación de sustratos, tipos de agua, y en la interacción de dichos factores. El coeficiente de variación resultante del análisis presenta un porcentaje del 7,58%; lo que indica variabilidad de los datos bajo condiciones de campo, sin embargo, determina un buen manejo del experimento.

Tabla 22

Análisis de varianza de altura de plantas a los 28 días, tras la aplicación de los factores en estudio.

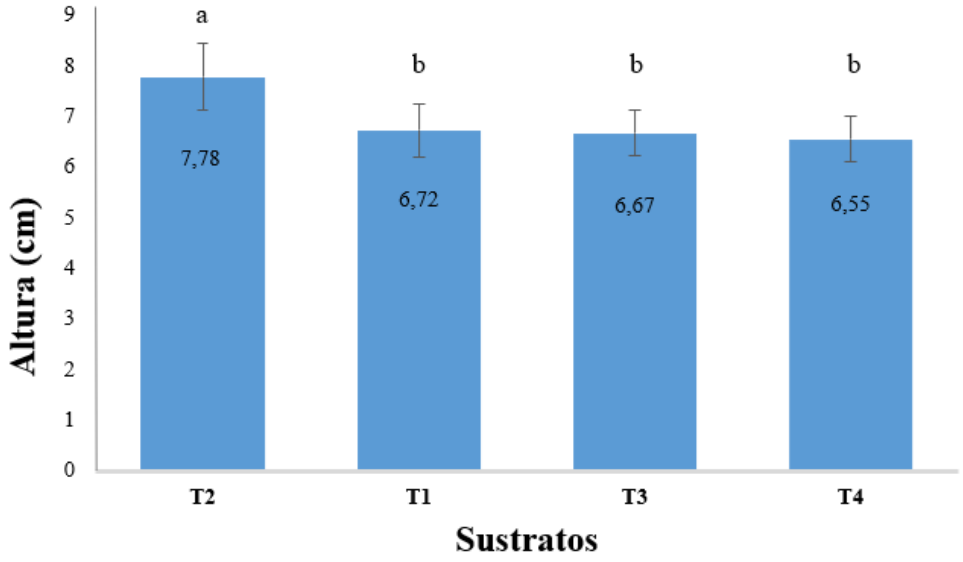
FC	*GL*	*SC*	*CM*	*F cal*	*p-valor*	*Significancia*
Total	23	11,59				
Bloque	2	0,69	0,35	2,27	0,184	ns
Sustrato (T)	3	5,93	1,98	12,92	0,005	*
Error (a)	6	0,92	0,15			
Agua (A)	1	1,64	1,64	5,96	0,040	*
Sustrato x Agua (TxA)	3	0,20	0,07	0,24	0,869	ns
Error (b)	8	2,21	0,28			

Nota. **CV:** 7,58%
Promedio: 6,93 cm
FV: Factor de varianza, **GL:** Grados de libertad, **SC:** Sumatoria de cuadrados, **CM:** Cuadrado Medio, **F cal:** Nivel de significancia, ***Significativo**, **ns:** no significativo, **CV:** Coeficiente de Variación.

Según la figura 6, prueba Tukey al 5% para el factor sustrato, se observa dos rangos de significancia (a) y (b), el sustrato T2 (sustrato estiércol de ovino) es el mejor por cuanto se ubica en el primer rango (a), con 7,78 cm, el sustrato T1 (sustrato cascarilla de café), T3 (sustrato cascarilla de arroz) y T4 (sustrato tierra negra) en el rango (b).

Figura 6

Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación a la altura de planta tomada a los 28 días.

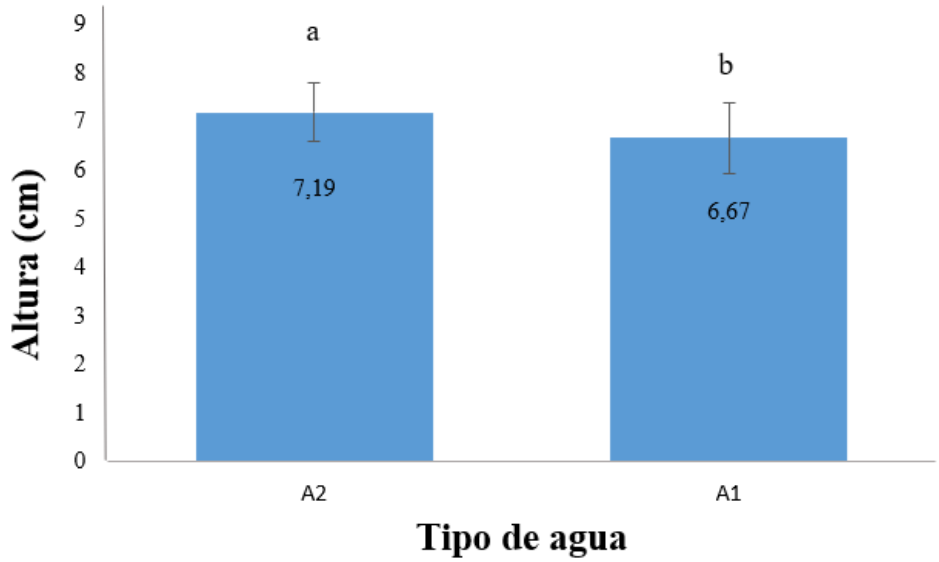


Al analizar los datos de altura de planta tomada a los 28 días después del trasplante se evidenció que el sustrato T2 con 7,78 cm mantuvo un mejor resultado en relación a los demás tratamientos. Esos resultados se corroboran con los reportados por Rosales et al. (2020), señalando que los micronutrientes son esenciales para el desarrollo de las plantas, entre ellos el calcio y el magnesio, que tienen una serie de funciones, como estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas. Además, otro de los microelementos esenciales es el boro (B), necesario para el crecimiento de todas las plantas. Siendo la mezcla del sustrato T2 la más óptima en nutrientes.

La figura 7, prueba Tukey al 5% para el factor tipo de agua, se puede identificar dos rangos diferentes: el agua tipo A2 (agua magnetizada) se ubica en el rango (a) con 7,19 cm a diferencia de A1 (agua sin magnetizar) en el rango (b) con 6,67 cm. Dicha definición señala la altura tomada en las plántulas a los 28 días, con relación a la aplicación de los diferentes tipos de agua presentan diferencias significativas entre sí.

Figura 7

Prueba de Tukey al 5% de los tipos de agua aplicados, con relación a la altura de planta tomada a los 28 días.



Los datos obtenidos de la investigación en cuanto al tipo de agua utilizada en el riego del cultivo, se observa el promedio de A2 (agua magnetizada) que alcanzó la mayor altura siendo 7,19 cm, a diferencia de A1. Estos resultados se relacionan a los datos reportados por Yahya & Islam (2017), en donde la altura de las plantas de girasol irrigadas con agua magnetizada mostró aumentos significativos en comparación con las plantas regadas con agua sin magnetizar. El parámetro de crecimiento se atribuye a cambios en las propiedades celulares, que afecta la biosíntesis de proteínas y la reproducción celular.

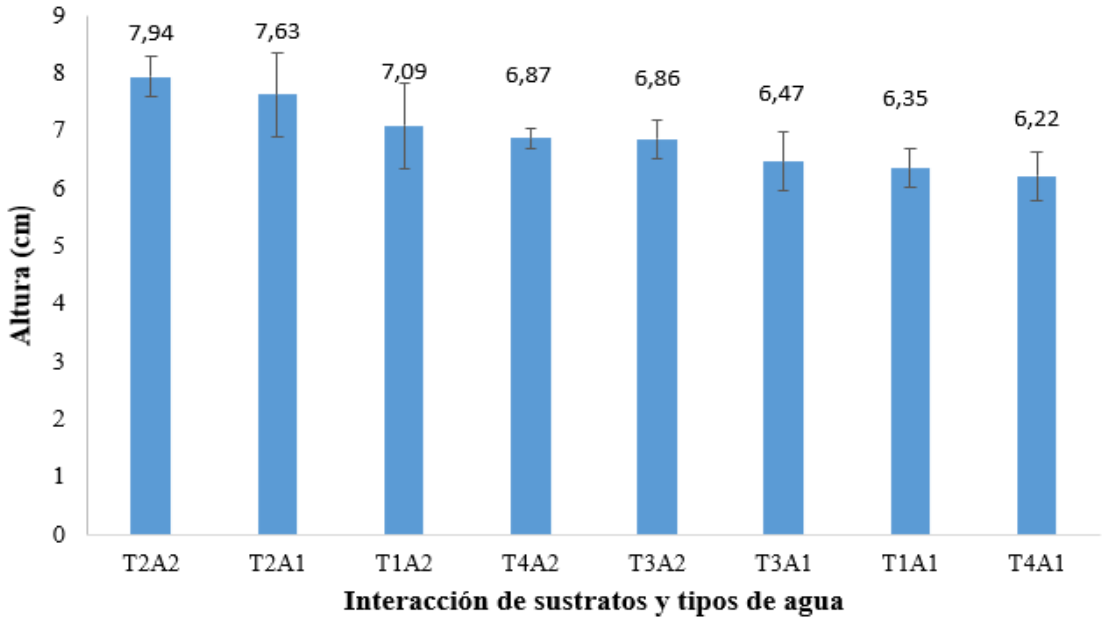
Esto puede explicarse mediante la investigación de Zepeda (2019), en el que demostraron las acciones biológicas de los campos magnéticos en las células vegetales a través de modelos biofísicos. En las plantas, en condiciones normales, los iones libres se mueven dentro y fuera de la célula vegetal condicionados por la membrana plasmática, que cuando se aplica una fuerza externa aumentará hasta un valor crítico.

Para bloques del análisis de varianza se determina no significativo al igual que la interacción de sustrato y tipo de agua, siendo el bloque 3 mejor matemáticamente. Lo cual no hubo diferencia entre bloques determinando que el ensayo fue manejado correctamente.

En la figura 8, para la interacción de sustratos y tipos de agua del análisis de varianza se determina no significativo, por lo cual se realizó una figura de promedios indicando que el T2A2 es mejor matemáticamente.

Figura 8

Promedio de la variable altura a los 28 días, para la interacción entre los sustratos y tipos de agua.



Según los resultados de la investigación se observa la figura de promedios de la interacción entre los sustratos y los tipos de agua, al ser promedios no presentará rangos, observándose así que la combinación de T2 con A2 es superior en altura de planta a diferencia de los demás tratamientos ya que la relación entre ambos no presentó significancia estadística.

5.2.2. Altura de planta (cm) a los 56 días después del trasplante

La tabla 23, muestra el análisis estadístico para la variable altura de las plantas a los 56 días después del trasplante, tras la aplicación de los diferentes tratamientos. De esta manera se evidencia diferencia significativa en la aplicación de sustratos, tipos de agua, y en la interacción de dichos factores. El coeficiente de variación resultante del análisis presenta un porcentaje del 7,02%; lo que indica variabilidad de los datos bajo condiciones de campo, sin embargo, determina un buen manejo del experimento.

Tabla 23

Análisis de varianza de altura de plantas a los 56 días, tras la aplicación de los factores en estudio.

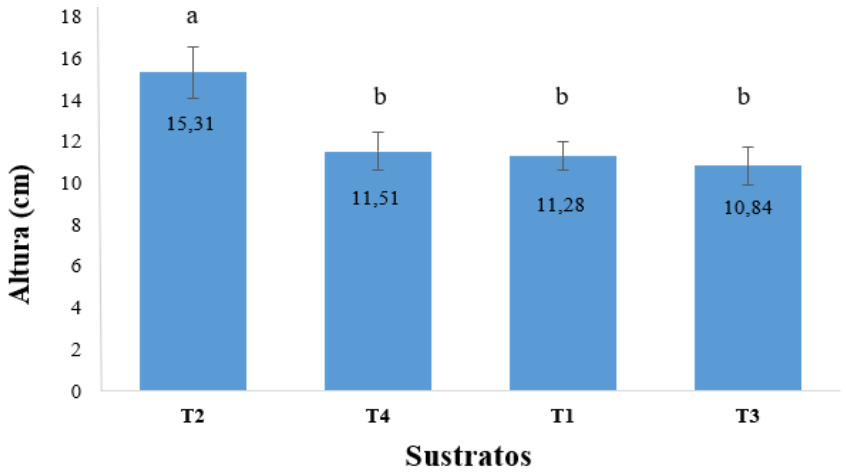
FC	*GL*	*SC*	*CM*	*F cal*	*p-valor*	*Significancia*
Total	23	94,86				
Bloque	2	0,76	0,38	0,55	0,604	ns
Sustrato (T)	3	76,74	25,58	36,65	0,0003	*
Error (a)	6	4,19	0,70			
Agua (A)	1	7,03	7,03	9,51	0,015	*
Sustrato x Agua (TxA)	3	0,23	0,08	0,10	0,009	*
Error (b)	8	5,91	0,74			

Nota. **CV:** 7,02%
Promedio: 12,24 cm
FV: Factor de varianza, **GL:** Grados de libertad, **SC:** Sumatoria de cuadrados, **CM:** Cuadrado Medio, **F cal:** Nivel de significancia, *Significativo, **ns:** no significativo, **CV:** Coeficiente de Variación.

Según la figura 9, prueba Tukey al 5% para el factor sustrato, se observa dos rangos de significancia (a) y (b), el sustrato T2 (sustrato estiércol de ovino) es el mejor por cuanto se ubica en el primer rango (a), con 15,31 cm, el sustrato T4 (sustrato tierra negra), T1 (sustrato cascarilla de café) y T3 (sustrato cascarilla de arroz) se ubican en el rango (b).

Figura 9

Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación a la altura de la planta tomada a los 56 días.



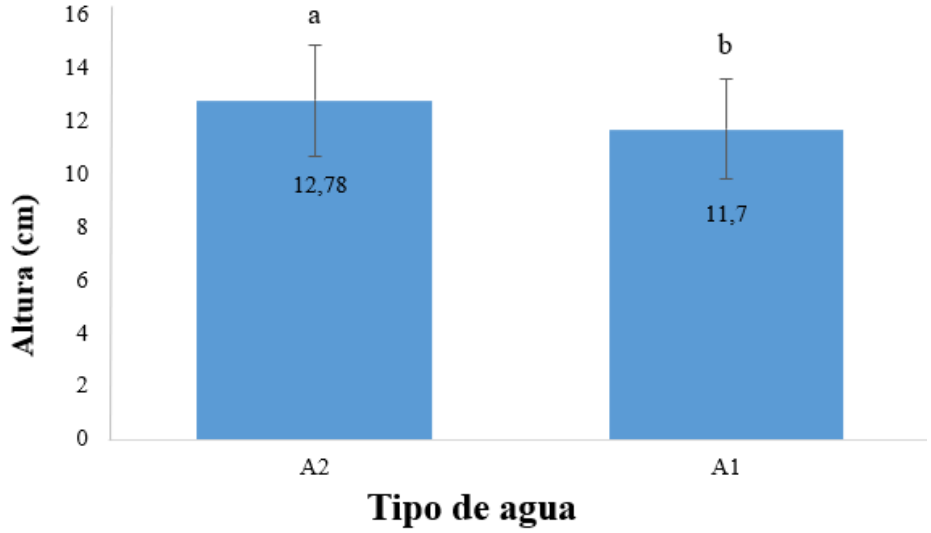
Según los resultados del análisis se puede deducir que el tratamiento T2 al ser la mezcla de sustratos orgánicos de origen animal, posee un alto contenido de micronutrientes, que favoreció el desarrollo y crecimiento del cultivo. El calcio, boro y cobre son muy importantes para el desarrollo de las plantas. La relación C/N del sustrato, contiene una gran cantidad de macronutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio, por ende, facilitó su desarrollo, en

comparación con los demás sustratos que no cuentan en su formulación la mezcla completa de macro y micro nutrientes.

La figura 10, prueba Tukey al 5% para el factor tipo de agua, se puede identificar 2 rangos diferentes: el agua tipo A2 (agua magnetizada) se ubica en el rango (a) con 12,78 cm a diferencia de A1 (agua sin magnetizar) en el rango (b) con 11,70 cm. Dicha definición señala la altura tomada en las plántulas a los 56 días, con relación a la aplicación de los diferentes tipos de agua presentan diferencias significativas entre sí.

Figura 10

Prueba de Tukey al 5% de los tipos de agua aplicados, con relación a la altura tomada a los 56 días.

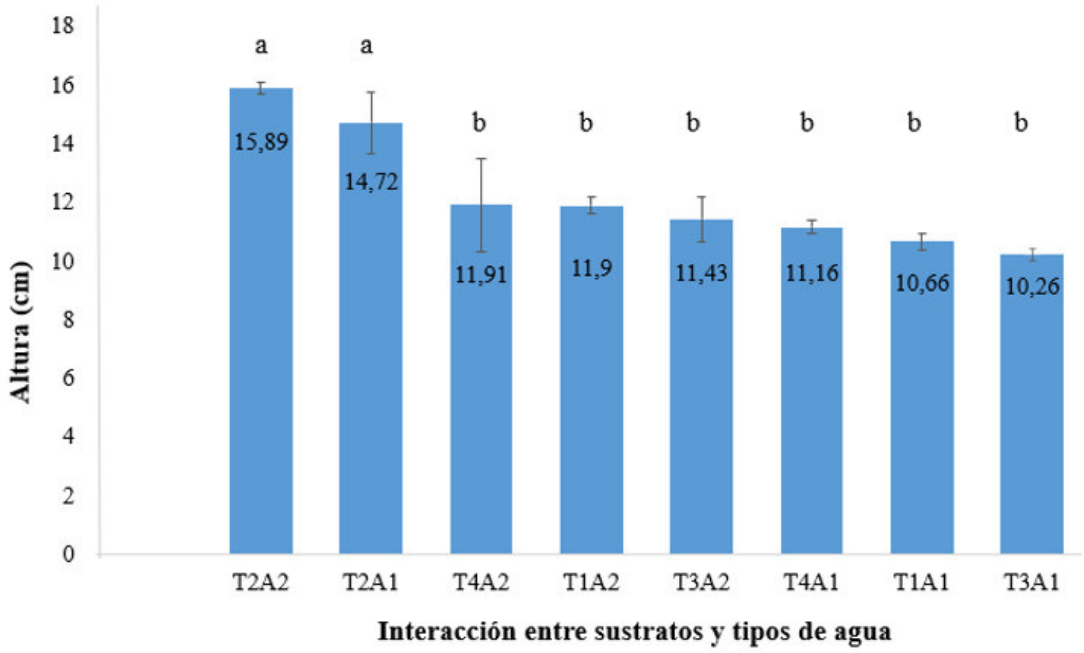


Los datos obtenidos en la investigación en cuanto al tipo de agua utilizada, se observa que A2 obtuvo mayor altura de la planta a comparación con A1. Estos resultados son similares a los reportados por García (2020), indicando que el tratamiento magnético del agua de riego, ayuda a que las plantas tengan un crecimiento más acelerado del sistema radicular y mayores cantidades de clorofila en las hojas, esto favorecerá el ingreso de nutrientes conjuntamente con el recurso hídrico, los cuales son absorbido desde el suelo.

La figura 11, se observa la prueba de Tukey al 5% para la interacción entre los sustratos y los tipos de agua, se puede identificar dos rangos (a) y (b), el tratamiento T2A2 (sustrato estiércol de ovino + agua magnetizada) y el tratamiento T2A1 (sustrato estiércol de ovino + agua sin magnetizar) se ubican en el rango (a), y T4A2 (sustrato tierra negra + agua magnetizada), T1A2 (sustrato cascarilla de café + agua magnetizada), T3A2 (sustrato cascarilla de arroz + agua magnetizada), T4A1 (sustrato tierra negra + agua sin magnetizar) T1A1 (sustrato cascarilla de café + agua sin magnetizar) en (cd) y, T3A1 (sustrato cascarilla de arroz + agua sin magnetizar) se ubican en el rango (b).

Figura 11

Prueba de Tukey al 5% de la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, con relación a la altura tomada a los 56 días.



Los datos obtenidos de la investigación en cuanto a la variable altura de plantas, se observa que en el rango a con la interacción de T2A2 alcanzó la mayor altura de plantas con 15,89 cm a diferencia del rango b con la interacción de T3A1 con 10,26 cm que obtuvo menor resultado en cuanto a altura de la planta, todos los resultados fueron analizados a los 56 días luego del trasplante.

La variable altura de la planta se comparó con Llumiquinga (2017), quien hizo un estudio de *Evaluación de fertilización mineral y órgano/mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla Fragaria x ananassa (Weston) Duchesne; variedad albión* (Bachelor's thesis, Quito: UCE), reportando alturas similares, con promedio de 12,3 cm en un período de 45 días posterior al

trasplante, determinando que la aplicación de fertilizantes orgánicos influye significativamente en el crecimiento de las plantas de frutilla, ya que estos abonos son producto de desechos orgánicos, acelerando así su proceso de incorporación al suelo.

Para bloques del análisis de varianza se determina no significativo, indicando que el bloque 3 es mejor matemáticamente. Lo cual no hubo diferencia entre bloques determinando que el ensayo fue manejado correctamente.

5.2.3. Altura de planta (cm) a los 84 días después del trasplante

La tabla 24, muestra el análisis estadístico para la variable altura de las plantas a los 84 días después del trasplante, tras la aplicación de los diferentes tratamientos. De esta manera se evidencia diferencia significativa en la aplicación de sustratos, tipos de agua, y en la interacción de dichos factores. El coeficiente de variación resultante del análisis presenta un porcentaje del 5,34%; lo que indica variabilidad de los datos bajo condiciones de campo, sin embargo, determina un buen manejo del experimento.

Tabla 24

Análisis de varianza de altura de plántulas a los 84 días, tras la aplicación de los factores en estudio.

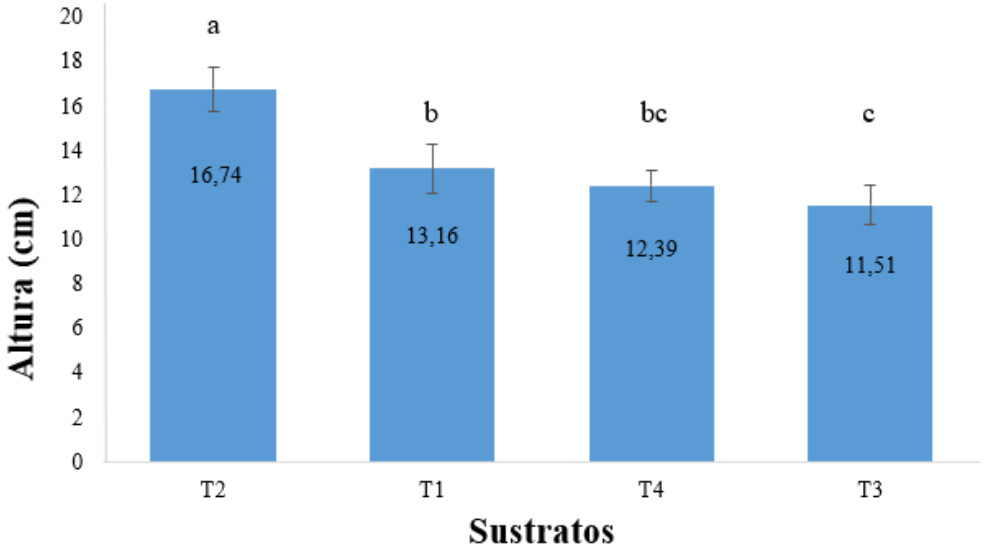
FC	*GL*	*SC*	*CM*	*F cal*	*p-valor*	*Significancia*
Total	23	111,89				
Bloque	2	0,52	0,26	0,53	0,616	ns
Sustrato (T)	3	94,76	31,59	64,39	0,0001	*
Error (a)	6	2,94	0,49			
Agua (A)	1	9,34	9,34	18,09	0,002	*
Sustrato x Agua (TxA)	3	0,21	0,07	0,13	0,0093	*
Error (b)	8	4,13	0,52			

Nota. **CV:** 5,34%
Promedio: 13,45 cm
FV: Factor de varianza, **GL:** Grados de libertad, **SC:** Sumatoria de cuadrados, **CM:** Cuadrado Medio, **F cal:** Nivel de significancia, *****Significativo, **ns:** no significativo, **CV:** Coeficiente de Variación.

Según la figura 12, prueba Tukey al 5% para el factor sustrato, se observa cuatro rangos de significancia (a), (b), (bc) y (c), el sustrato T2 (sustrato estiércol de ovino) es el mejor por cuanto se ubica en el primer rango (a), con 16,74 cm de altura de planta, el sustrato T1 (sustrato cascarilla de café) con 13,16 cm en el rango (b), el sustrato T4 (sustrato tierra negra) con 12,39 cm en el rango (bc), y T3 (sustrato cascarilla de arroz) se ubica en el último rango (c) con 11,51 cm.

Figura 12

Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación a la altura tomada a los 84 días.



Los datos obtenidos de la investigación en cuanto a la variable altura de plantas, se observa que el sustrato T2 alcanzó la mayor altura de plantas con 16,74 cm. Los análisis de los sustratos llevaban un aporte de materia rica en carbono y nitrógeno mostrando la presencia de organismos benéficos ya que estos sustratos alcanzaron temperaturas elevadas gracias al acolchado de las camas con plástico negro, durante la etapa termófila lo cual es de gran interés para la higienización del sustrato eliminando todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables que puedan afectar al cultivo (Quispe, 2019).

Los datos obtenidos en la investigación son similares a los reportados por Aguirre (2017), quien señala que se debe realizar un manejo agronómico desde el inicio del trasplante para obtener plantas más vigorosas, por lo que a mayor altura de la planta mayor cantidad de frutos incrementando así el rendimiento del cultivo.

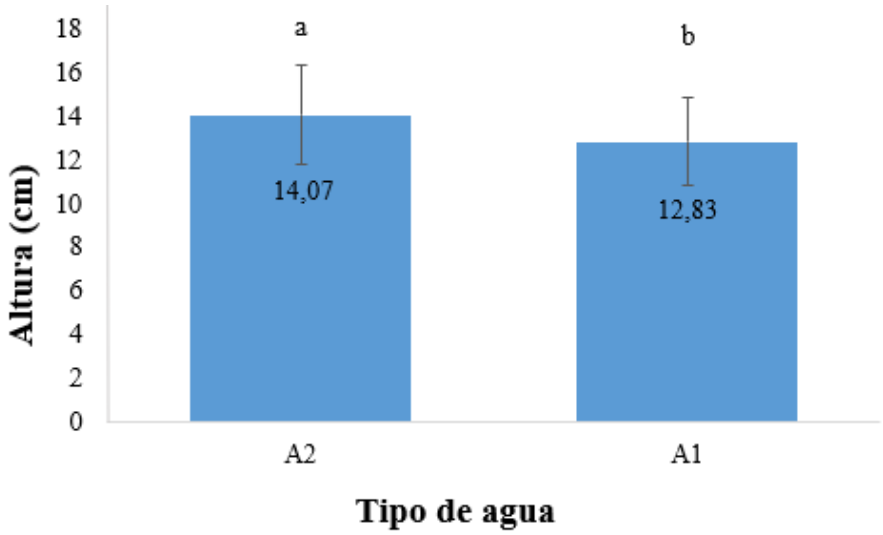
Es importante recalcar que en el segundo rango ocupó el T1 con 13,16 cm de altura, donde se utilizó la mezcla de sustrato; cascarilla de café, pomina y tierra negra, obteniendo un buen promedio en altura de planta, evidenciando que dentro de los componentes químicos que se puede hallar en la pulpa del café existen cantidades relativamente altas de cafeína, polifenoles, carbohidratos y contenido de potasio (Quispe, 2019). Logrando este sustrato ser efectivo para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

La figura 13, prueba Tukey al 5% para el factor tipo de agua, se puede identificar dos rangos diferentes: El agua tipo A2 (agua magnetizada) se ubica en el rango (a) con 14,07 cm a diferencia

de A1 (agua sin magnetizar) en el rango (b) con 12,83 cm. Dicha definición señala la altura tomada en las plántulas a los 84 días, con relación a la aplicación de los diferentes tipos de agua presentan diferencias significativas entre sí.

Figura 13

Prueba de Tukey al 5% de los tipos de agua aplicados, con relación a la altura tomada a los 84 días.



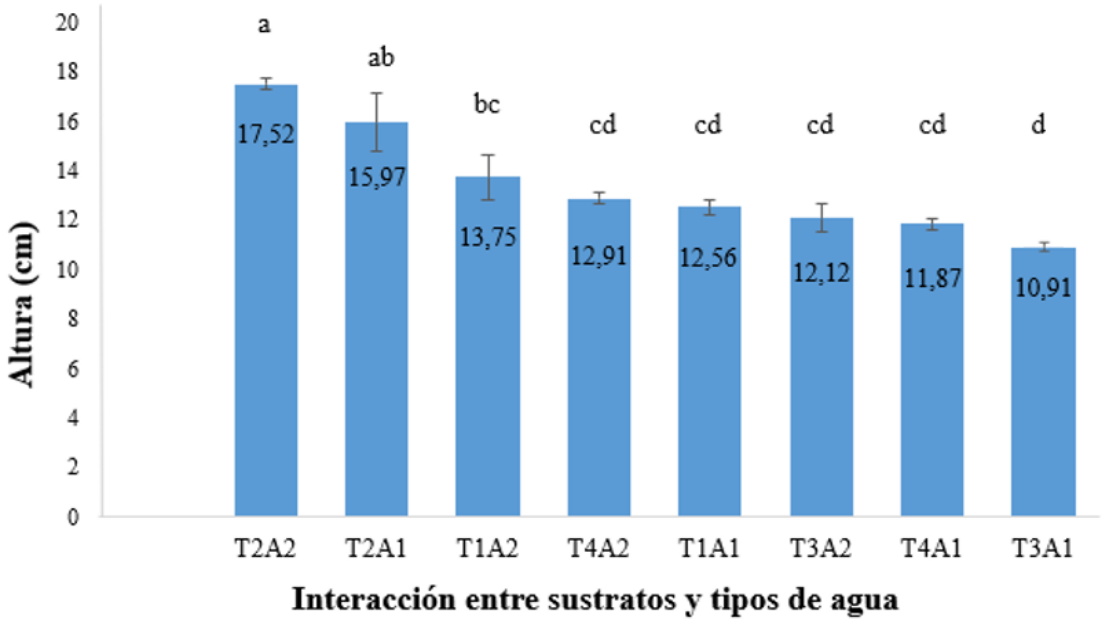
Los resultados obtenidos sobre los tipos de agua utilizados, se observa que A2 obtuvo mayor altura de la planta con 14,07 cm. Según Zepeda (2019), la magnetización del agua de riego ayuda a que el sistema radicular de las plantas crezca de manera más acelerada y el contenido de clorofila en las hojas sea mayor, lo que ayudará el ingreso de los nutrientes junto con el recurso hídrico siendo absorbidos desde el suelo.

La cantidad y frecuencia de riego depende de varios factores, como el clima, el suelo, la variedad y la edad de la plantación. Generalmente se debe regar el agua después de la siembra. A partir de ese momento se debe controlar el riego para que el suelo se mantenga siempre en capacidad de campo. Por este motivo, se recomienda utilizar un tensiómetro para observar el nivel de humedad en las plantas en los primeros 10 a 15 cm del suelo (Álvarez, 2019).

La figura 14, se observa la prueba de Tukey al 5% para la interacción entre los sustratos y los tipos de agua, se puede identificar cinco rangos (a), (ab), (bc), (cd) y (d), el tratamiento T2A2 (sustrato estiércol de ovino + agua magnetizada) se ubica en el primer rango (a), con 17,52 cm, mientras que el tratamiento T2A1 (sustrato estiércol de ovino + agua sin magnetizar) con 15,97 cm en el rango (ab), T1A2 (sustrato cascarilla de café + agua magnetizada) con 13,75 cm en el rango (bc), T4A2 (sustrato tierra negra + agua magnetizada), T1A1 (sustrato cascarilla de café + agua sin magnetizar), T3A2 (sustrato cascarilla de arroz + agua magnetizada), T4A1 (sustrato tierra negra + agua sin magnetizar) se ubican en el rango (cd) y T3A1 (sustrato cascarilla de arroz + agua sin magnetizar) se ubica en el último rango (d) con 10,91 cm.

Figura 14

Prueba de Tukey al 5% de la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, con relación a la altura tomada a los 84 días.



Los datos obtenidos de la investigación en cuanto a la variable altura de plantas, se observa que en el rango a con la interacción de T2A2 alcanzó la mayor altura de plantas con 17,52 cm a diferencia de los demás rangos que obtuvieron menores resultados en cuanto a altura de la planta.

Según lo mencionado por Córdova (2019), citado en, De Souza et al. (1999) mencionan que el tratamiento con uso de magnetismo, acelera el crecimiento de las plantas, esto se debe a estímulos en el tejido empalizado; que es el principal tejido que realiza fotosíntesis y, por lo tanto, proporciona alimento a la planta, siendo el encargado de los mecanismos del cierre y apertura estomática. Estos efectos reducen la pérdida de agua debido a los procesos fisiológicos

de las plantas y mantienen un abastecimiento hídrico interno necesario para el desarrollo de los cultivos.

Al evaluar los resultados de crecimiento de altura de la planta a los 28, 56 y 84 días después del trasplante, se puede concluir que la mezcla de estiércol de ovino, pomina y tierra negra correspondiente al T2, aplicado al cultivo de frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión provocó diferencias en el crecimiento de las plantas debido también al uso de magnetismo en el agua, siendo ésta la mejor combinación para el cultivo. Los resultados de la investigación en cuanto a altura de planta fueron notorios desde el principio, por ende, su mayor crecimiento en la planta fue evidente.

Para bloques del análisis de varianza se determina no significativo, indicando que el bloque 3 es mejor matemáticamente. Lo cual no hubo diferencia entre bloques determinando que el ensayo fue manejado correctamente.

5.3. Días a la floración

La tabla 25, muestra el análisis estadístico para la variable número de días a la floración, tras la aplicación de los diferentes tratamientos. De esta manera se evidencia diferencia significativa en la aplicación de sustratos, tipos de agua, y en la interacción de dichos factores. El coeficiente de variación resultante del análisis presenta un porcentaje del 6,60%; lo que indica variabilidad de los datos bajo condiciones de campo, sin embargo, determina un buen manejo del experimento.

Tabla 25

Análisis de varianza del número de días a la floración.

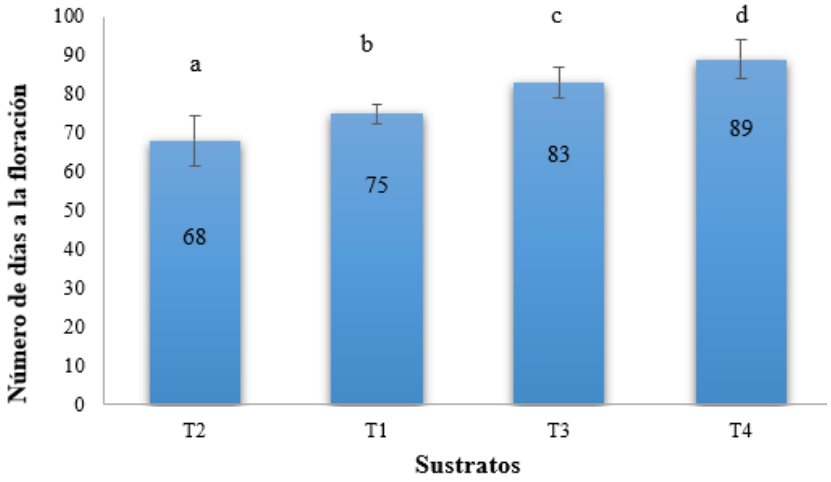
FC	*GL*	*SC*	*CM*	*F cal*	*p-valor*	*Significancia*
Total	23	34,52				
Bloque	2	0,18	0,09	0,08	0,92	ns
Sustrato (T)	3	23,66	7,89	6,85	0,02	*
Error (a)		6,91	1,15			
Agua (A)	1	2,38	2,38	28,40	0,0007	*
Sustrato x Agua (TxA)	3	0,71	0,24	2,84	0,01	*
Error (b)	8	0,67	0,08			

Nota. **CV:** 6,60%
Promedio: 4,39 flores
FV: Factor de varianza, **GL:** Grados de libertad, **SC:** Sumatoria de cuadrados, **CM:** Cuadrado Medio, **F cal:** Nivel de significancia, *****Significativo, **ns:** no significativo, **CV:** Coeficiente de Variación.

Según la figura 15, prueba Tukey al 5% para el factor sustrato en el número de días a la floración, se observa cuatro rangos de significancia (a), (b), (c) y (d) El sustrato T2 (sustrato estiércol de ovino) es el mejor por cuanto se ubica en el primer rango (a), con el menor número de días a la floración (68 días), el sustrato T1 (sustrato cascarilla de café) se ubica en el rango (b), T3 (sustrato cascarilla de arroz) en el (c), mientras que el sustrato T4 (sustrato tierra negra) presenta el ultimo rango (d), con 89 días a la floración.

Figura 15

Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación al número de días a la floración.



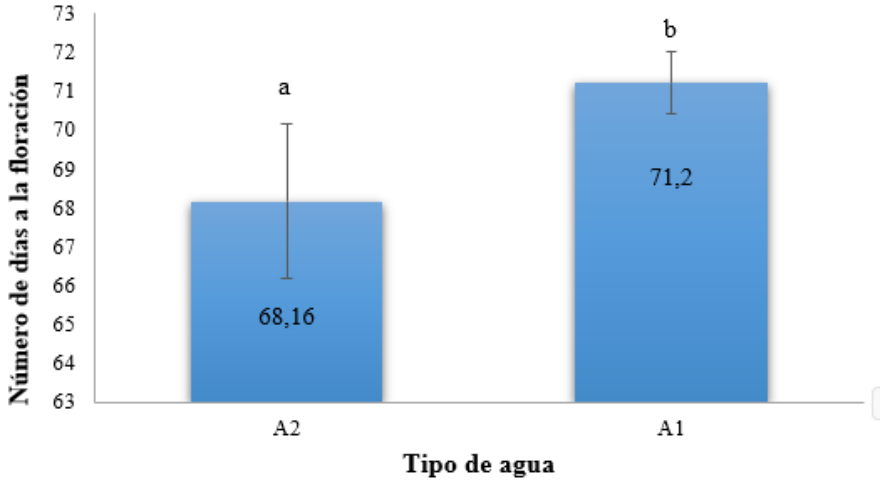
Con base a estos resultados, se puede concluir que T2 siendo el sistema de fertilización con estiércol de ovino obtuvo resultados positivos, también lo menciona Barreros (2017), afirmando que el estiércol de ovino aporta una gran cantidad de nutrientes que requiere el cultivo, acortando los días a la floración; por supuesto, esto también depende de la variedad que se vaya a producir, las condiciones edafoclimáticas requeridas, como suelo, horas luz y temperatura.

Montenegro (2018), usando un polímero ecológico biodegradable en el suelo para tres tipos de sustratos a base de estiércol de ovino en el cultivo de pepinillo, menciona que encontró la primera floración a los 61 días mientras que la floración en el tratamiento testigo fue a los 83,33 días después del trasplante. Sin embargo Aguirre (2017), menciona que los días a la floración pueden ser afectados por las condiciones edafoclimáticas presentes en las diferentes regiones, dichos resultados se asemejan a los obtenidos dentro de la investigación.

La figura 16, se observa la prueba de Tukey al 5% para el factor agua en el número de días a la floración, se puede identificar dos rangos diferentes: El agua tipo A2 (agua magnetizada) se ubica en el primer rango (a) con 68,16 días a la floración a diferencia de A1 (agua sin magnetizar) se ubica en último rango (b) con 71,20 días a la floración.

Figura 16

Prueba de Tukey al 5% para tipos de agua aplicados, con relación al número de días a la floración.

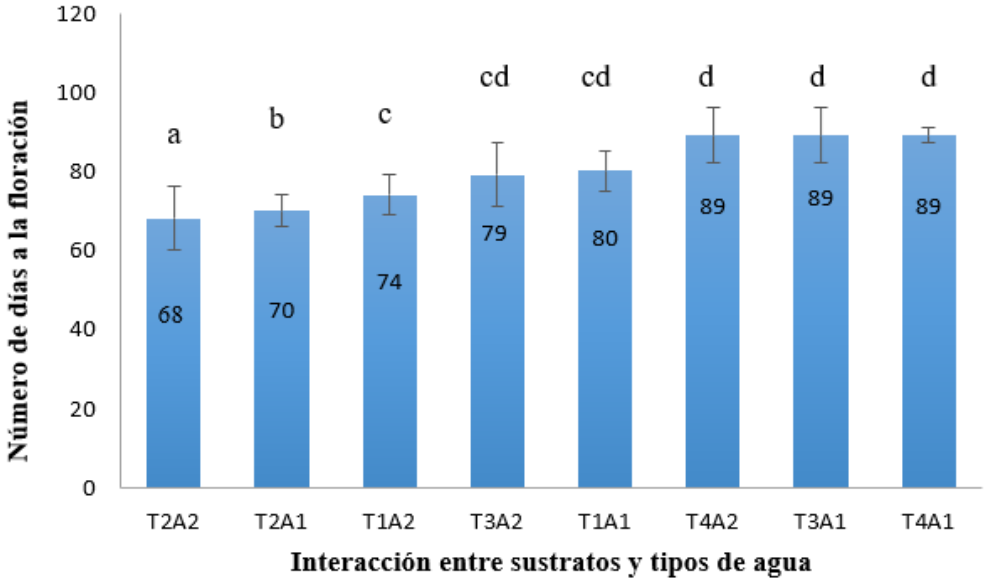


En la investigación de Galván (2020), considera que los tratamientos regados con agua tratada magnéticamente disminuyeron en un 15 % los días a la floración del banano, obteniendo un rendimiento mayor que las parcelas de control. Expresando que la disposición de los imanes dentro de un dispositivo ayuda a mejorar los indicadores de calidad del agua de riego. Hecho por los cuales se ha usado en la agricultura en procesos como la germinación, desarrollo de plantas, flores, frutos y en el incremento de los rendimientos.
Los resultados de la investigación concuerdan con lo mencionado por Chicaiza (2020), indicando que la aplicación de magnetismo en el agua de riego hace más eficiente la absorción de nutrientes a la planta, dando como resultado un menor número de días a la floración.

La figura 17, se observa la prueba de Tukey al 5% para la interacción entre los sustratos y los tipos de agua en el número de días a la floración, se puede identificar que el tratamiento T2A2 (sustrato estiércol de ovino + agua magnetizada) se ubica en el primer rango (a), con 68 días a la floración, mientras que el tratamiento T2A1 (sustrato estiércol de ovino + agua sin magnetizar) en el rango (b), T1A2 (sustrato cascarilla de café + agua magnetizada) en el rango (c), T3A2 (sustrato cascarilla de arroz + agua magnetizada) y T1A1 (sustrato cascarilla de café + agua sin magnetizar) en (cd) y T4A2 (sustrato tierra negra + agua magnetizada), T3A1 (sustrato cascarilla de arroz + agua sin magnetizar) y T4A1 (sustrato tierra negra + agua sin magnetizar) se ubica en último rango (d).

Figura 17

Prueba de Tukey al 5% la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, con relación al número de días a la floración.



Los resultados de la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, muestran que el tratamiento T2A2 con 68 días, obtuvo el menor número de días a la floración después del trasplante. El T2A2 resultó ser el tratamiento más precoz para entrar a la fase fenológica de floración a diferencia de los demás tratamientos, por lo tanto, la aplicación de estiércol de ovino con una equitativa relación de C/N, más la implementación de agua magnetizada en el riego acelera la floración del cultivo.

El estiércol de ovino es considerado uno de los mejores abonos para procesos de fertilización, lo cual se podría atribuir a lo mencionado por (De La Cruz y Arone, 2021), indicando que son muy ricos en nitrógeno debido a que en el estiércol de ovino existen ciertos microorganismos que realizan la fijación biológica, a partir de ello se puede deducir que logró obtener mejores resultados en comparación al grupo control.

Los datos obtenidos se asemejan con la investigación realizada por García (2020), mencionando que el uso de inducción magnética mejora los indicadores de calidad del agua de riego utilizada, por ende, aumenta el desarrollo de las plantas, influyendo en la floración.

5.4. Número de frutos por planta a los 150 días después del trasplante

La tabla 26, muestra el análisis estadístico para la variable número de frutos por planta, tras la aplicación de los diferentes tratamientos. De esta manera se evidencia diferencia significativa en la aplicación de sustratos, tipos de agua, y en la interacción de dichos factores. El coeficiente de variación resultante del análisis presenta un porcentaje del 3,06%; lo que indica variabilidad de los datos bajo condiciones de campo, sin embargo, determina un buen manejo del experimento.

Tabla 26

Análisis de varianza de la evaluación de número de frutos por planta, tras la aplicación de los factores en estudio

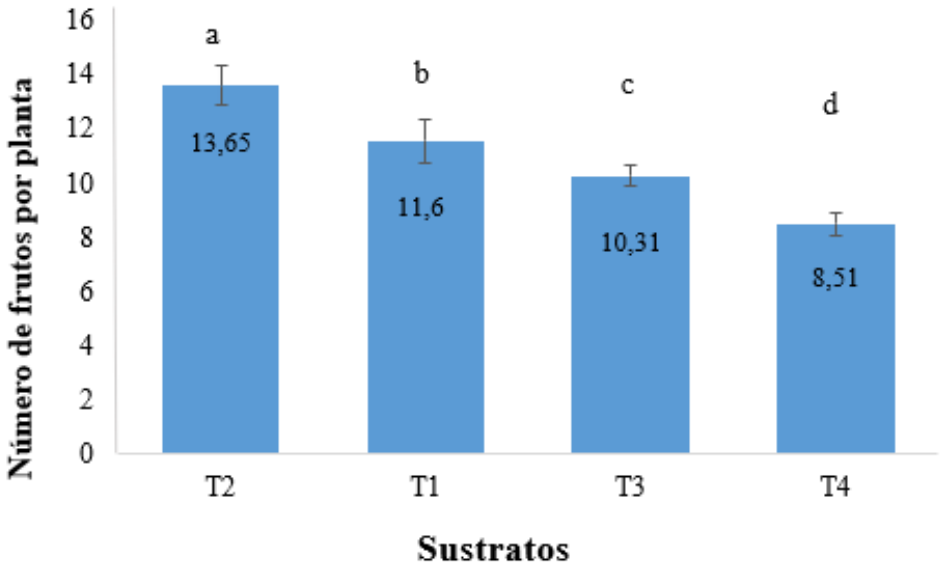
FC	*GL*	*SC*	*CM*	*F cal*	*p-valor*	*Significancia*
Total	23	91,76				
Bloque	2	0,08	0,04	0,29	0,765	ns
Sustrato (T)	3	84,16	28,05	195,56	0,001	*
Error (a)	6	0,86	0,14			
Agua (A)	1	5,11	5,11	44,93	0,0002	*
Sustrato x Agua (TxA)	3	0,64	0,21	1,89	0,0210	*
Error (b)	8	0,91	0,11			

Nota. **CV:** 3,06%
Promedio: 11,02 frutos por planta
FV: Factor de varianza, **GL:** Grados de libertad, **SC:** Sumatoria de cuadrados, **CM:** Cuadrado Medio, **F cal:** Nivel de significancia, *****: Significativo, **ns:** no significativo, **CV:** Coeficiente de Variación.

Según la figura 18, prueba Tukey al 5% para el factor sustrato, se observa cuatro rangos de significancia (a), (b), (c) y (d), el sustrato T2 (sustrato estiércol de ovino) es el mejor por cuanto se ubica en el primer rango (a), con 13,65 frutos por planta, el sustrato T1 (sustrato cascarilla de café) con 11,60 frutos por planta en el rango (b), el sustrato T3 (sustrato cascarilla de arroz) con 10,31 frutos por planta en el rango (c) y el sustrato T4 (sustrato tierra negra) se ubica en el último rango (d) con 8,51 frutos por planta.

Figura 18

Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación a la evaluación de producción de frutos por planta.



Según los resultados obtenidos en la investigación en cuanto al número de frutos por planta confirman que el T2 en el rango a obtuvo un mayor número de frutos por planta con 13,65, a diferencia al resto de sustratos, realizándose su monitoreo a los 150 días después del trasplante en su primer ciclo. Por lo tanto, se llegó a determinar que los tratamientos T2, T1 y T3, son estadísticamente superiores al testigo.

El estudio que fue realizado por Palchisaca (2018), menciona que obtuvo 13,7 frutos por planta a los 170 días y 17,85 frutos por planta a los 185 días al evaluar soluciones nutritivas con diferentes dosis de calcio mediante el sistema de fertirriego en el cultivo de frutilla, confirmando así que entre más días pasen después del trasplante se obtendrá un mayor número de frutos por planta hasta que el cultivo llegue a su curva máxima de producción, después a su etapa de descanso y finalmente entre al periodo final de senescencia.

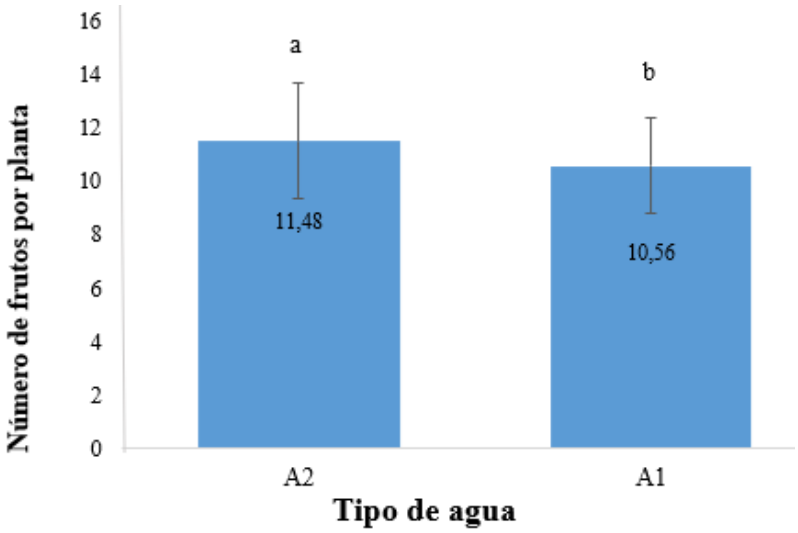
Según Kirschbaum (2019), cuanto más finas sean las partículas de residuos orgánicos a ser compostados, mayor será la retención de agua. Entonces, por ejemplo, para los estiércoles cuyo tamaño de partículas son relativamente pequeños, estos retienen del 70 % al 80 % de agua.

Evidenciándose que aplicación de sustratos orgánicos principalmente el uso de estiércol de ovino; por su alto contenido de nutrientes junto con el magnetismo en el agua de riego aumenta la producción del cultivo de frutilla.

La figura 19, prueba Tukey al 5% para el factor tipo de agua, se puede identificar dos rangos diferentes: El agua tipo A2 (agua magnetizada) se ubica en el rango (a) con 11,48 frutos por planta, a diferencia de A1 (agua sin magnetizar) en el rango (b) con 10,56 frutos por planta.

Figura 19

Prueba de Tukey al 5% de los tipos de agua aplicados, con relación a la evaluación de producción de frutos por planta.

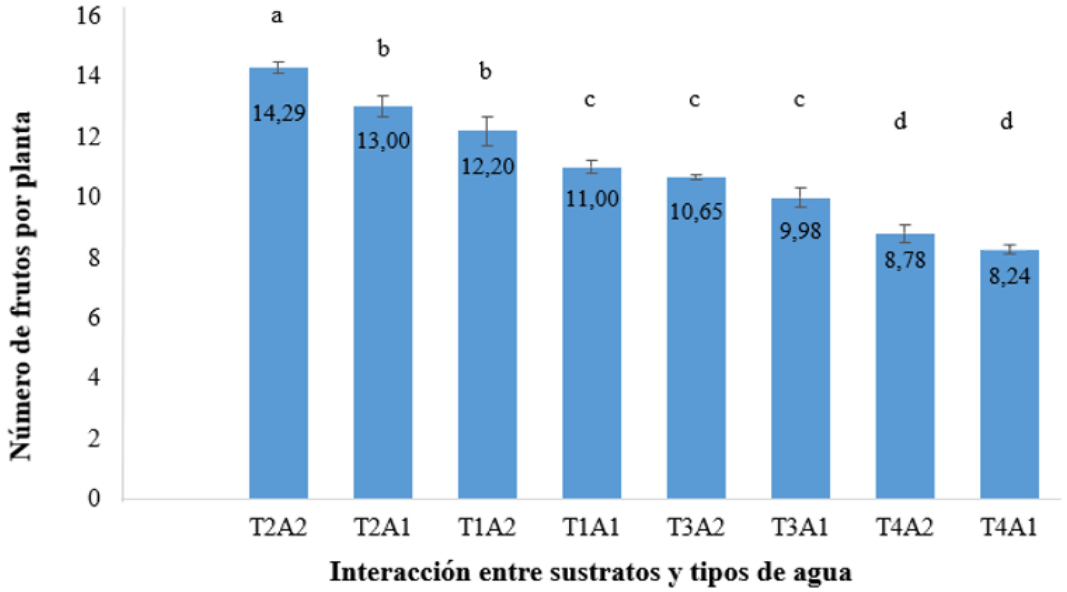


Los resultados obtenidos sobre los tipos de agua utilizados, se observa que A2 en el rango a obtuvo la mayor cantidad de frutos por planta con 11,48, a diferencia de A1 en el rango b que obtuvo 10,56 número de frutos por planta dentro del cultivo, evidenciando así que la aplicación de magnetismo en el agua de riego mejora y aumenta la producción de frutos por planta.

La figura 20, se observa la prueba de Tukey al 5% para la interacción entre los sustratos y los tipos de agua, se puede identificar cuatro rangos (a), (b), (c) y (d), el tratamiento T2A2 (sustrato estiércol de ovino + agua magnetizada) se ubican en el primer rango (a), con 14,29 frutos por planta, mientras que el tratamiento T2A1 (sustrato estiércol de ovino + agua sin magnetizar) y T1A2 (sustrato cascarilla de café + agua magnetizada) en el rango (b), T1A1 (sustrato cascarilla de café + agua sin magnetizar), T3A2 (sustrato cascarilla de arroz + agua magnetizada), T3A1 (sustrato cascarilla de arroz + agua sin magnetizar) se ubica en el rango (c), T4A2 (sustrato tierra negra + agua magnetizada) y T4A1 (sustrato tierra negra + agua sin magnetizar) se ubica en último rango (d).

Figura 20

Prueba de Tukey al 5% de la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, con relación a la evaluación de producción de frutos por planta.



Los datos obtenidos de la investigación en cuanto a la variable número de frutos por planta, se observa que en el rango a con la interacción de T2A2 alcanzó el mayor número de frutos por planta con 14,29 a diferencia de los demás rangos que obtuvieron menores resultados.

Los datos obtenidos en la investigación concuerdan con lo citado por Adlercreutz et al. (2020), ya que con el análisis de sustrato realizado anteriormente para el T2 que especifica un 7,92 meq 100 ml^{-1} contenido de potasio, siendo este superior a los demás sustratos, como se puede ver en (tabla 17), por ende, el cultivo tuvo influencia en el desarrollo y calidad del fruto, obteniendo una buena influencia en el número de frutos por planta a la fecha evaluada.

El potasio es el nutriente necesario para aumentar el tamaño de la fruta. El cultivo de frutilla requiere al menos 250 Kg K2O por hectárea para su normal desarrollo y producción, y es el encargado de regular el agua en la planta (Adlercreutz et al., 2020).

Los tratamientos que tenían aporte de materia rica en Carbono presentaron un olor característico a suelo de bosque y un color marrón oscuro, logrando un mayor porcentaje de descomposición como se observó en el T2. Haciendo una comparación para esta variable se puede observar que el T2A2 en una proporción 1:1:1 es la mejor para la formación de número de frutos.

En cuanto a la longitud (largo y ancho) de los frutos de la frutilla, se indica que el fruto obtuvo un mejor tamaño (largo), debido a que los resultados demuestran que la mezcla de sustratos orgánicos influye en el número y tamaño de frutos, ya que estos contienen Fósforo y Potasio. Según Adlercreutz et al. (2020), estos nutrientes son necesarios para la formación de las flores y frutos.

Según Kirschbaum, Heredia, Funes y Quiroga (2019), la fruta de mejor calidad oscila entre 5 cm de ancho y 6 cm de largo, como también estar libre de deformidades.

Para bloques del análisis de varianza se determina no significativo, indicando que el bloque 2 es mejor matemáticamente. Lo cual no hubo diferencia entre bloques determinando que el ensayo fue manejado correctamente.

5.5. Rendimiento del cultivo (kg) de fruto por planta

La tabla 27, muestra el análisis estadístico para la variable rendimiento del cultivo en kg de fruto por planta, tras la aplicación de los diferentes tratamientos. De esta manera se evidencia diferencia significativa en la aplicación de sustratos, tipos de agua, y en la interacción de dichos factores. El coeficiente de variación resultante del análisis presenta un porcentaje del 3,00%; lo que indica variabilidad de los datos bajo condiciones de campo, sin embargo, determina un buen manejo del experimento.

Tabla 27

Análisis de varianza de la evaluación del rendimiento en kg de frutos por planta, tras la aplicación de los factores en estudio.

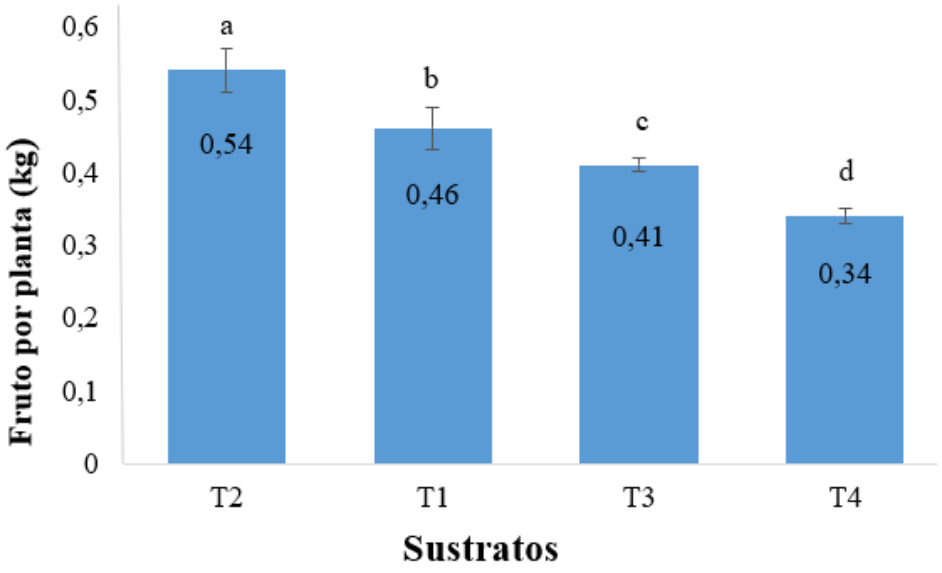
FC	*GL*	*SC*	*CM*	*F cal*	*p-valor*	*Significancia*
Total	23	0,15				
Bloque	2	0,0001	0,00005	0,19	0,830	ns
Sustrato (T)	3	0,13	0,04	170,36	0,001	*
Error (a)	6	0,0016	0,00026			
Agua (A)	1	0,01	0,01	44,02	0,0002	*
Sustrato x Agua (TxA)	3	0,001	0,00035	1,99	0,019	*
Error (b)	8	0,0014	0,00017			

Nota. **CV:** 3,00%
Promedio: 0,44 kg fruto por planta
FV: Factor de varianza, **GL:** Grados de libertad, **SC:** Sumatoria de cuadrados, **CM:** Cuadrado Medio, **Fcal:** Nivel de significancia, *****: Significativo, **ns:** no significativo, **CV:** Coeficiente de Variación.

Según la figura 21, prueba Tukey al 5% para el factor sustrato, se observa cuatro rangos de significancia (a), (b), (c) y (d), el sustrato T2 (sustrato estiércol de ovino) es el mejor por cuanto se ubica en el primer rango (a), con 0,54 kg de fruto por planta, el sustrato T1 (sustrato cascarilla de café) con 0,46 kg de fruto por planta en el rango (b), el sustrato T3 (sustrato cascarilla de arroz) con 0,41 kg de fruto por planta en el rango (c) y el sustrato T4 (sustrato tierra negra) se ubica en el último rango (d) con 0,34 kg de fruto por planta.

Figura 21

Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación a la evaluación del rendimiento en kg de fruto por planta.

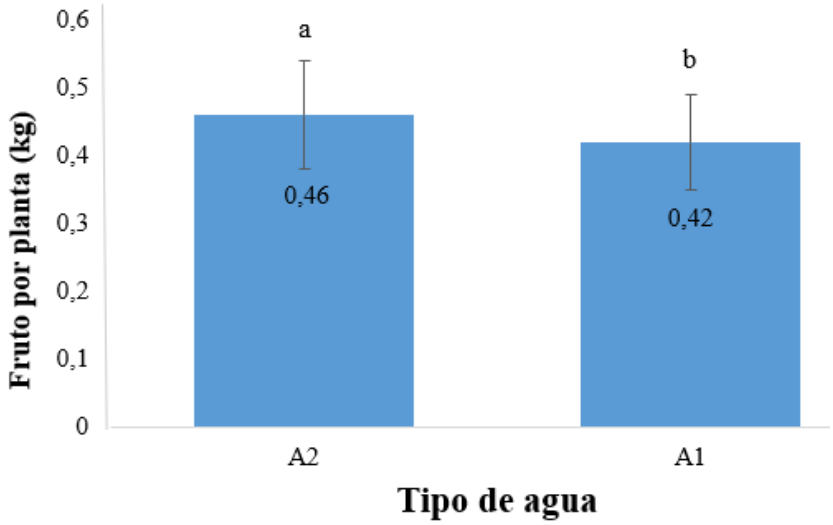


Según los resultados obtenidos en la investigación en cuanto al rendimiento en kg de los frutos por planta, confirman que el T2 en el rango a, obtuvo el mayor peso en kg de fruta por planta con 0,54, a diferencia al resto de sustratos, realizándose su monitoreo a los 150 días después del trasplante dentro de su primer ciclo. Por lo tanto, se llegó a determinar que los tratamientos T2, T1 y T3, son estadísticamente superiores al testigo.

La figura 22, prueba Tukey al 5% para el factor tipo de agua, se puede identificar dos rangos diferentes: el agua tipo A2 (agua magnetizada) se ubica en el rango (a) con 0,46 kg de fruto por planta a diferencia de A1 (agua sin magnetizar) en el rango (b) con 0,42 kg de fruto por planta.

Figura 22

Prueba de Tukey al 5% de los tipos de agua aplicados, con relación a la evaluación del rendimiento en kg de fruto por planta.



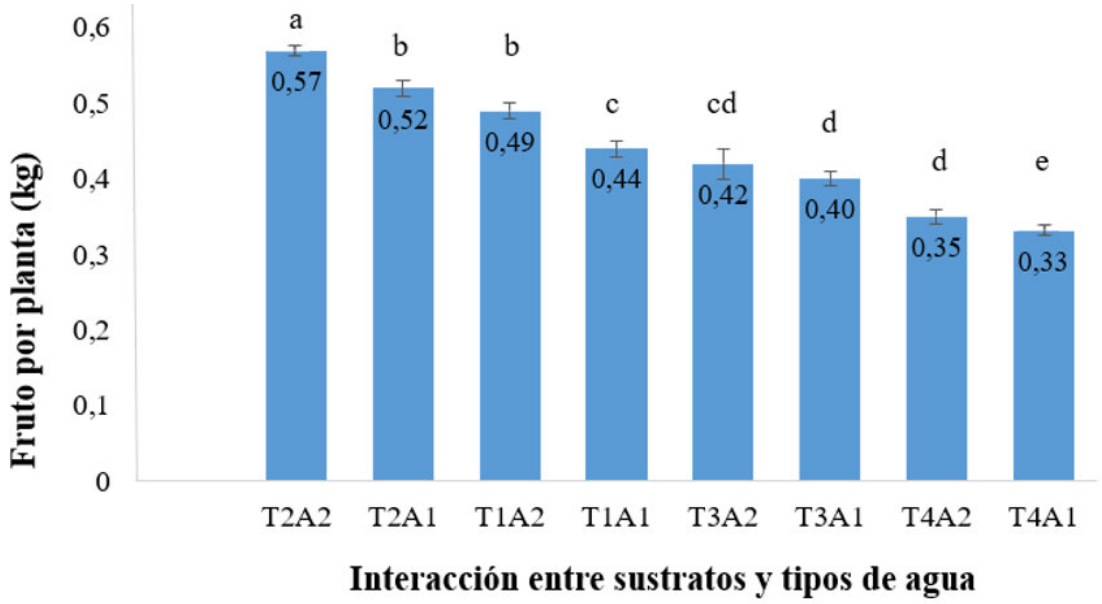
Los resultados obtenidos sobre los tipos de agua utilizados, se observa que A2 en el rango a obtuvo un rendimiento de 0,46 kg de fruto por planta, a diferencia de A1 en el rango b que obtuvo 0,42 kg de fruto por planta número de frutos por planta, evidenciando así que la aplicación de magnetismo en el agua de riego mejora el rendimiento en kg de frutos por planta del cultivo.

Según menciona Zamora et al. (2020), en su investigación, a diferencia de otros tratamientos, el agua tratada magnéticamente aumentó el rendimiento del cultivo de tomate *(Lycopersicon esculentum P. Mill.)* en un 45%, y también mantiene el sistema de riego libre de impurezas, evitando así costos de mantenimiento del sistema.

La figura 23, se observa la prueba de Tukey al 5% para la interacción entre los sustratos y los tipos de agua, se puede identificar seis rangos diferentes; (a), (b), (c), (cd), (d), (e), el tratamiento T2A2 (sustrato estiércol de ovino + agua magnetizada) se ubican en el primer rango (a), con 0,57 kg de fruto por planta, mientras que el tratamiento T2A1 (sustrato estiércol de ovino + agua sin magnetizar) y T1A2 (sustrato cascarilla de café + agua magnetizada) se ubican en el rango (b), T1A1 (sustrato cascarilla de café + agua sin magnetizar) en el rango (c), T3A2 (sustrato cascarilla de arroz + agua magnetizada) en el rango (cd), T3A1 (sustrato cascarilla de arroz + agua sin magnetizar) y T4A2 (sustrato tierra negra + agua magnetizada) se ubican en el rango (d), y T4A1 (sustrato tierra negra + agua sin magnetizar) se ubica en último rango (e) con 0,33 kg de fruto por planta.

Figura 23

Prueba de Tukey al 5% de la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, con relación a la evaluación del rendimiento en kg de fruto por planta.



Como se muestra en la figura 23, la interacción de T2A2 ubicado en el rango a, tuvo un peso del fruto de 0,57 kg por planta, siendo el mejor resultado a comparación de los demás tratamientos.

En cuanto al peso fresco de la producción de frutos de frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión, no se realizó la separación de los frutos por categorías porque gracias a los resultados obtenidos se produjo principalmente frutos de primera categoría y muy bajos porcentajes de otras categorías. Obteniendo datos por semana de la fruta cosechada.

Por otro lado, Carbonell (2017), muestra que el uso de diferentes tipos de agua tratada magnéticamente para regar los cultivos de apio y guisantes, tuvo efectos en el rendimiento de apio produciendo un aumento en un 17,75 % así mismo para guisantes elevando su rendimiento en un 6 %.

Los análisis físico químicos mostraron que todos los tratamientos se encuentran dentro del rango esperado. Los resultados sugieren que la relación C/N y la aplicación de magnetismo en el agua de riego permiten mejorar la absorción de nutrientes del sustrato.

Para bloques del análisis de varianza se determina no significativo, indicando que el bloque 1, 2 y 3, matemáticamente son iguales. Lo cual no hubo diferencia entre bloques, determinando que el ensayo fue manejado correctamente.

5.6. Número de días a la cosecha

La tabla 28, muestra el análisis de varianza para la variable número de días a la cosecha, tras la aplicación de los diferentes tratamientos. De esta manera se evidencia diferencia significativa para sustratos, tipos de agua, y en la interacción de dichos factores. El coeficiente de variación resultante del análisis presenta un porcentaje del 8,28%; lo que indica la variabilidad del diseño bajo condiciones de campo y determina un buen manejo del experimento.

Tabla 28

Análisis de varianza de días a la cosecha, tras la aplicación de los factores en estudio.

FC	*GL*	*SC*	*CM*	*F cal*	*p-valor*	*Significancia*
Total	23	17,09				
Bloque	2	0,07	0,03	0,07	0,92	ns
Sustrato (T)	3	12,15	4,05	8,75	0,01	*
Error (a)	6	2,78	0,46			
Agua (A)	1	1,61	1,61	49.99	0,0001	*
Sustrato x Agua (TxA)	3	0,22	0,07	2,31	0,015	*
Error (b)	8	0,26	0,03			

Nota. **CV:** 8,28%

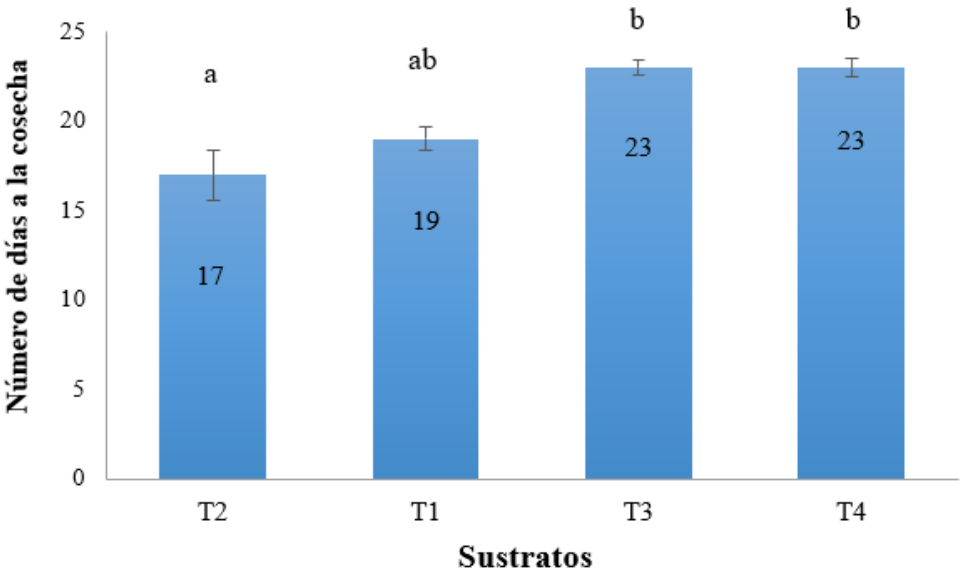
Promedio: 2,17 frutos cosechados

FV: Factor de varianza, **GL:** Grados de libertad, **SC:** Sumatoria de cuadrados, **CM:** Cuadrado Medio, **Fcal:** Nivel de significancia, *****: Significativo, **ns:** no significativo, **CV:** Coeficiente de Variación.

Según la figura 24, prueba Tukey al 5% se observa tres rangos de significancia (a), (ab) y (b) en cuanto a los sustratos aplicados: el sustrato T2 (sustrato estiércol de ovino) se ubica en el primer rango (a); con 17 días a la cosecha, el sustrato T1(sustrato cascarilla de café) se ubica en (ab), T3 (sustrato cascarilla de arroz) y T4 (sustrato tierra negra) se ubica en el último rango (b); con un promedio de 23 días a la cosecha.

Figura 24

Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación a los días a la cosecha.

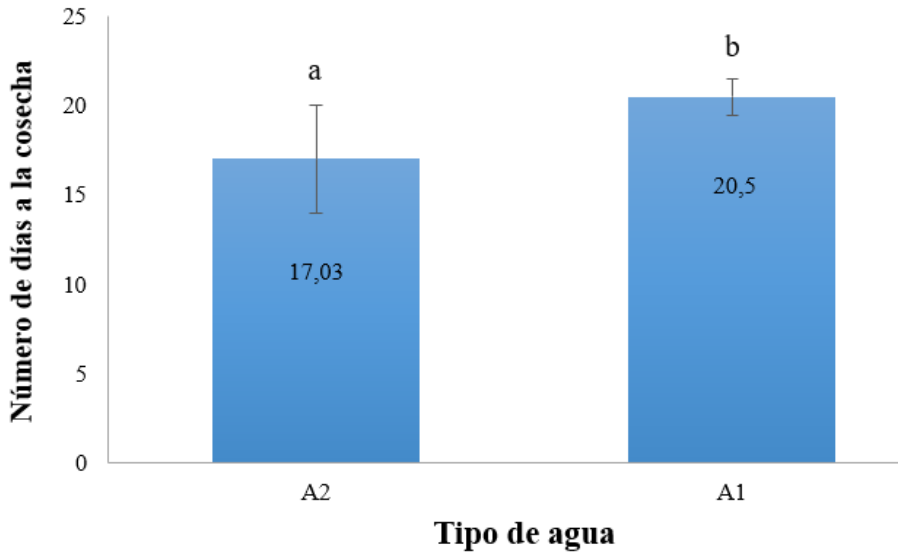


Los resultados obtenidos en la investigación referente al T2 que obtuvo el menor número de días a la cosecha, coinciden con lo indicado por Mamilovich (2018), donde evaluó cuatro tratamientos de los cuales el estiércol de ovino estuvo entre los dos mejores obteniendo resultados satisfactorios en la disminución del número de días a la cosecha, superando estadísticamente al resto de tratamientos. En tal contexto el cultivo de frutilla reduce el número de días a la cosecha debido al aporte nutricional que brinda el sustrato entre ellos el nitrógeno.

La figura 25, prueba de Tukey al 5% para los diferentes tipos de agua, se puede identificar dos rangos diferentes: en el primer rango (a) se encuentra el agua tipo A2 (agua magnetizada) con 17,03 días a la cosecha, a diferencia de A1 (agua sin magnetizar) en el rango (b) con 20,5 días a la cosecha.

Figura 25

Prueba de Tukey al 5% de los tipos de agua aplicados, con relación a los días a la cosecha.



Salinas (2019), menciona que la implementación de magnetismo en el agua de riego mejora y reduce los días a la cosecha, esto concuerda con los resultados obtenidos en la investigación donde el tipo de agua A2 obtuvo el menor número de días a la cosecha siendo 17,03 días. Por otra parte Mamani (2017), indica que los tipos de agua de riego tratadas magnéticamente en cultivos de apio y guisantes, disminuyen en un 6,15 % el número de días a la cosecha, manteniendo al sistema de riego libre de impurezas y mejorando la absorción de nutrientes a la planta.

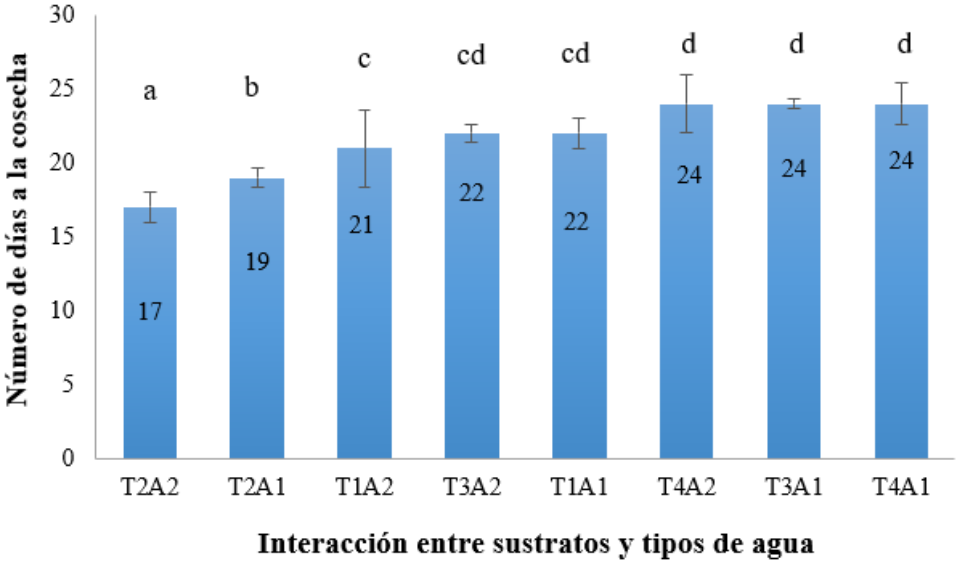
García (2020), afirma que el magnetismo puede hacer más efectivo el uso de fertilizantes y minerales que se encuentran disponibles en el suelo, acelerando los días a la cosecha y alargando la vida útil de la planta, es decir, se retrasa su senescencia, a diferencia de las plantas que se riegan en condiciones normales, estos resultados coinciden con los datos de la investigación.

La figura 26, se observa la prueba de Tukey al 5% para la interacción entre los sustratos y los tipos de agua en el número de días a la cosecha, se puede identificar que el tratamiento T2A2 (sustrato estiércol de ovino + agua magnetizada) se ubica en el primer rango (a), con 17 días a la cosecha, mientras que el tratamiento T2A1 (sustrato estiércol de ovino + agua sin magnetizar) en el rango (b), T1A2 (sustrato cascarilla de café + agua magnetizada) en el rango (c), T3A2 (sustrato cascarilla de arroz + agua magnetizada) y T1A1(sustrato cascarilla de café + agua sin magnetizar) en (cd) y T4A2 (sustrato tierra negra + agua magnetizada), T3A1 (sustrato

cascarilla de arroz + agua sin magnetizar) y T4A1 (sustrato tierra negra + agua sin magnetizar) se ubica en último rango (d).

Figura 26

Prueba de Tukey al 5% de la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, con relación a los días a la cosecha.



Los resultados muestran que la interacción de T2A2 fue la más óptima, porque obtuvo el menor número de días a la cosecha, los datos corroboran con la investigación de Mejía (2017), donde menciona que los campos magnéticos causan tres efectos principales en el agua de riego; a) mayor lixiviación de las sales solubles presentes en el suelo, b) reducción de los niveles de pH el suelo, c) solubilidad de las sales ligeramente solubles (fosfatos, sulfatos, carbonatos), así mismo De La Cruz y Arone (2021), indican que el estiércol de ovino es considerado uno de los más ricos en nutrientes ya que aporta; nitrógeno, potasio, fósforo y oligoelementos, considerado también muy útil para la retención de agua y aireación, creando un ambiente óptimo, y de esta forma disminuyendo el número de días a la cosecha del cultivo, esta información coincide con los datos obtenidos en la investigación.

En países con climas cálidos, las frutillas se las puede cosechar durante todo el año, mientras que, en climas templados, las frutillas sólo llegarán a cosecharse en los meses de verano a partir de mayo. Los datos obtenidos coinciden con lo que menciona Vaca (2019), afirmando que 18 a 22 días es el promedio normal en el Ecuador, desde que emerge como flor hasta convertirse en fruto, madurar completamente, hasta finalizar el número de días a la cosecha del cultivo.

5.7. Grados Brix del fruto

La tabla 29, muestra el análisis estadístico para la variable grados brix del fruto, tras la aplicación de los diferentes tratamientos. De esta manera se evidencia diferencia significativa en la aplicación de sustratos, tipos de agua, y en la interacción de dichos factores. El coeficiente de variación resultante del análisis presenta un porcentaje del 3,45%; lo que indica variabilidad de los datos bajo condiciones de campo, sin embargo, determina un buen manejo del experimento.

Tabla 29

Análisis de varianza de la evaluación de grados brix, tras la aplicación de los factores en estudio.

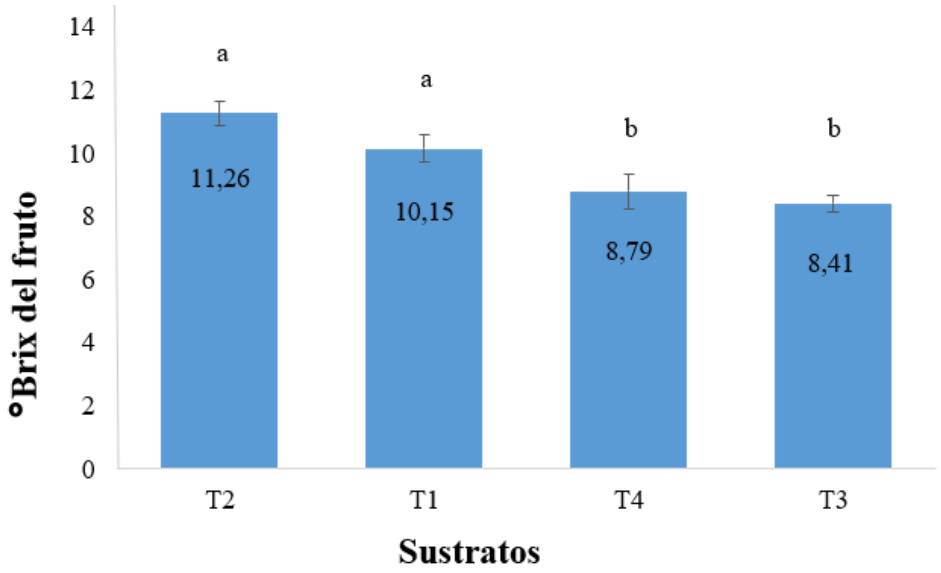
FC	*GL*	*SC*	*CM*	*F cal*	*p-valor*	*Significancia*
Total	23	34,47				
Bloque	2	0,07	0,03	0,08	0,972	ns
Sustrato (T)	3	30,75	10,25	23,87	0,001	*
Error (a)	6	2,58	0,43			
Agua (A)	1	0,05	0,05	0,42	0,533	ns
Sustrato x Agua (TxA)	3	0,14	0,05	0,43	0,007	*
Error (b)	8	4,13	0,52			

Nota. **CV:** 3,45%
Promedio: 9,65 °brix
FV: Factor de varianza, **GL:** Grados de libertad, **SC:** Sumatoria de cuadrados, **CM:** Cuadrado Medio, **Fcal:** Nivel de significancia, *****: Significativo, **ns:** no significativo, **CV:** Coeficiente de Variación.

Según la figura 27, prueba Tukey al 5% para el factor sustrato, se observa dos rangos de significancia (a) y (b), el sustrato T2 (sustrato estiércol de ovino) y T1 (sustrato cascarilla de café) se ubican en el rango (a) con 11,26 y 10,15 grados °brix consecutivamente, el sustrato T4 (sustrato tierra negra) y T3 (sustrato cascarilla de arroz) en el rango (b) con 8,79 y 8,41 grados °brix consecutivamente.

Figura 27

Prueba de Tukey al 5% de los tipos de sustratos aplicados, con relación a la evaluación de grados brix.



Según los resultados obtenidos en la investigación en cuanto a grados brix de los frutos, se observa que en el rango a el sustrato T2, obtuvo el mayor porcentaje de grados brix con 11,26%, gracias a la cantidad de micronutrientes que posee este sustrato a diferencia del resto de sustratos. El análisis fue realizado a los 150 días después del trasplante dentro de su primer ciclo.

Según la investigación de Palchisaca (2018), los sólidos solubles totales que posee la frutilla oscilan entre 7 y 13 °brix, dependiendo de la variedad, condiciones de temperatura, tratamientos fitosanitarios durante el cultivo, condiciones de almacenamiento y estado de maduración; por lo cual dichos resultados concuerdan con la presente investigación ya que se obtuvo valores similares con promedios entre 8 y 12 °brix.

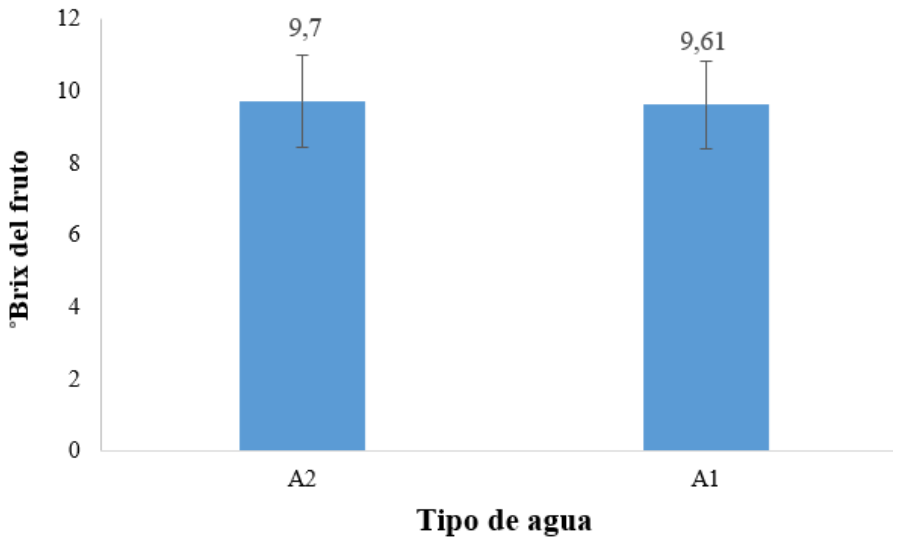
Se debe considerar el tipo de maduración de la fruta, porque la frutilla al ser no climatérica dejará de producir sólidos solubles una vez que ya se coseche la fruta. Así mismo, lo mencionado por Pérez y Zurita (2019), quienes determinaron que las concentraciones de sólidos solubles son definidos por el efecto de la temperatura.

Para el factor agua del análisis de varianza se determina no significativo, por lo cual se realizó una figura de promedios indicando que A2 es mejor matemáticamente. Lo cual no hubo diferencia entre bloques determinando que el ensayo fue manejado correctamente.

La figura 28, muestra los promedios de la variable grados brix del fruto para los tipos de agua utilizados en la investigación, obteniendo A2 (agua magnetizada) un promedio de 9,7 grados brix del fruto y A1 (agua sin magnetizar) un promedio de 9,61 grados brix del fruto.

Figura 28

Promedios de la variable °brix del fruto por tipos de agua.

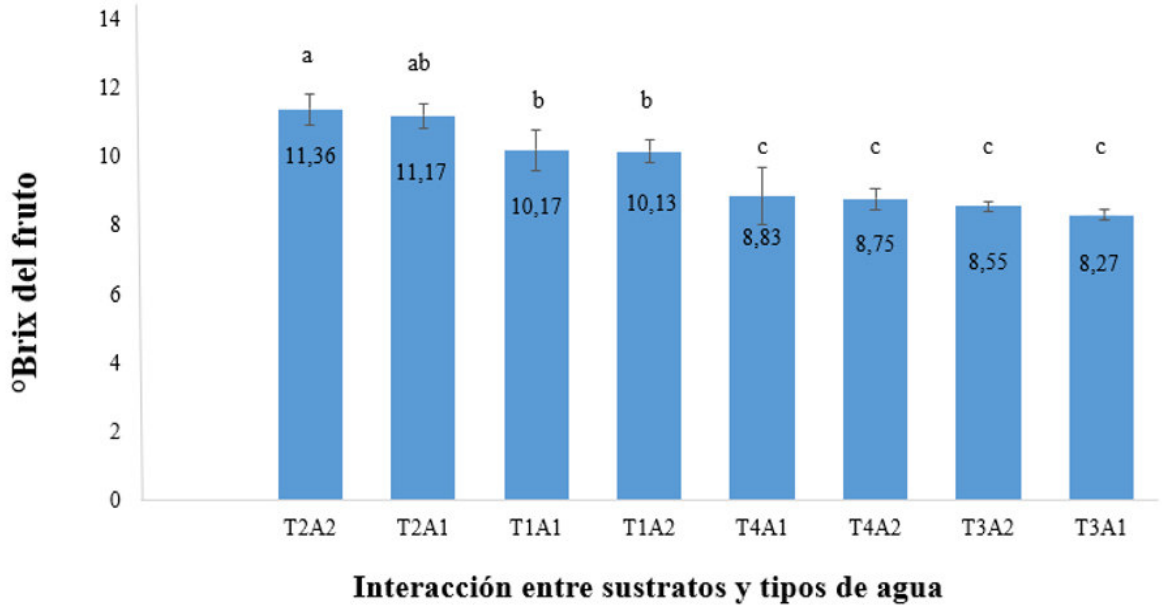


Según los resultados de la investigación se observa la figura de promedios de la variable °brix del fruto, al ser promedios no presentarán rangos, observando que A2 es superior en porcentaje de grados brix a diferencia de A1, no presentando significancia estadística.

La figura 29, se observa la prueba de Tukey al 5% para la interacción entre los sustratos y los tipos de agua, se puede identificar cuatro rangos diferentes; (a), (ab), (b), (c), el tratamiento T2A2 (sustrato estiércol de ovino + agua magnetizada) se ubican en el primer rango (a), con 11,36 grados brix del fruto, mientras que el tratamiento T2A1 (sustrato estiércol de ovino + agua sin magnetizar) se ubica en el rango (ab) con 11,17 grados brix del fruto, T1A1 (sustrato cascarilla de café + agua sin magnetizar) y T1A2 (sustrato cascarilla de café + agua magnetizada) se ubican en el rango (b), T4A1 (sustrato tierra negra + agua sin magnetizar), y T4A2 (sustrato tierra negra + agua magnetizada), T3A2 (sustrato cascarilla de arroz + agua magnetizada) y T3A1 (sustrato cascarilla de arroz + agua sin magnetizar) se ubican en el último rango (c).

Figura 29

Prueba de Tukey al 5% de la interacción entre los tipos de agua y los diferentes sustratos aplicados, con relación a la evaluación de grados brix.



Los datos obtenidos de la investigación en cuanto al valor de grados brix del fruto, se observa que dentro de la interacción de T2A2 ubicado en el rango a, alcanzó el mayor valor brix con 11,36 % en comparación con los demás tratamientos. Los datos obtenidos de la investigación expuestos en la figura 29, confirma que la mayor concentración de sólidos solubles al final del ensayo lo registraron los frutos cosechados de color rojo (pintón) de la combinación de T2A2 (Pazmiño, 2019).

La concentración de azúcares totales dependerá de las características que presente la variedad a producir, como también el índice de madurez y las condiciones atmosféricas de almacenamiento (Pazmiño, 2019).

Según investigaciones de Birgi & Gargaglione (2021), en su estudio de *Producción y calidad de dos variedades de frutilla (Fragaria x ananassa Duch) en hidroponía en Santa Cruz*. Universidad Nacional de la Patagonia Austral, determinaron que 7 °brix es el valor de mínimo referencial indicador de calidad. Cabe mencionar que se utilizaron frutos con un índice de madurez del 95 % por lo que la concentración de sólidos solubles de este índice es superior. Para bloques del análisis de varianza se determina no significativo, indicando que el bloque 3 es mejor matemáticamente. Lo cual no hubo diferencia entre bloques determinando que el ensayo fue manejado correctamente.

La medición de los grados brix o sólidos solubles totales de la fruta se basó en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 380, que establece el uso de refractómetro para poder medir la

concentración de sólidos solubles totales por medio de la refracción de la luz que pasa por los cristales de azúcar. Por este motivo, los resultados obtenidos en la investigación se comparan con el valor teórico de grados Brix que posee el fruto realizándose la medición al final del experimento para su análisis estadístico (Birgi & Gargaglione, 2021).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- El manejo combinado del T2 (estiércol de ovino, pomina y tierra negra) en la variedad albión, junto con la tecnología alternativa de A2 (agua con inducción magnética), que ioniza el agua de riego favoreciendo a mejorar las características agronómicas del cultivo de frutilla, recalcando también que las propiedades químicas que posee el estiércol de ovino aportó diversos nutrientes para la planta, siendo la mejor alternativa para su desarrollo fenológico; lográndose obtener una altura promedio de 17,52 cm, 68 días a la floración después del trasplante y 14,29 frutos por planta y un rendimiento de frutos por planta de 0,57 kg, los valores reportados son indicadores que el cultivo mantuvo un buen desarrollo y que se logró reducir los días a la floración en al menos 21 días, con relación al testigo.

- Los resultados de la Relación C/N que obtuvieron un rango óptimo en los residuos orgánicos para un correcto compostaje fue el T2, resultando ser el mejor sustrato a diferencia de las demás combinaciones, indicando que estimula la proliferación de microorganismos que mineralizan la materia orgánica, por lo que los nutrientes están disponibles para el aprovechamiento del cultivo.

- El uso y la implementación del sistema semi-hidropónico en el cultivo de frutilla responde a la calidad y cantidad del agua empleada en el riego, encontrándose en los resultados una mayor producción, debido a la concentración de nutrientes que es aprovechada por la planta, junto al empleo de agua magnetizada que contribuye beneficiosamente para el desarrollo y rendimiento del cultivo.

- El sistema de siembra semi-hidropónico es amigable con el medio ambiente; porque optimiza los recursos naturales, especialmente agua y sustratos sólidos, generando un mejor control y consumo de nutrientes, realizando también un gran ahorro de agua ya que ésta solo se concentra en el acolchado de la cama y por ende no se filtra al suelo ni se desperdicia.

- Como resultado se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula ya que los resultados finales afirman que el uso del mejorador magnético si influyó significativamente sobre el rendimiento del cultivo y la eficiencia de uso del agua de riego en frutilla, convirtiéndose en una opción sustentable y perdurable para el agricultor.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Es recomendable continuar realizando más investigaciones sobre diversas mezclas de sustratos, ya que, en la investigación realizada, la variedad de frutilla albión ha obtenido resultados positivos en cuanto al aumento de la producción y rendimiento del cultivo.

- Se recomienda evaluar tipos de agua cuya diferencia de conductividad eléctrica sea de menor rango que la estudiada, para observar la respuesta del comportamiento del cultivo de frutilla a diferentes grados de salinidad del agua de riego.

- Se recomienda el uso de sustratos orgánicos en los cultivos, porque ayudan a recuperar la materia orgánica que se encuentra en el suelo, contribuyendo a la retención de nutrientes que servirán de alimento para el desarrollo de la planta.

- Se debe considerar la época del año agrícola en el que se desarrollan los procesos de siembra, ya que las condiciones medioambientales pueden afectar el desarrollo del cultivo de frutilla.

- Finalmente, se recomienda utilizar sustratos orgánicos de origen animal o vegetal por su bajo costo, ya que son de fácil preparación y porque cuentan con un alto contenido en nutrientes.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adlercreutz, E. G., Borquez, A. M., García, L. M., Castañares, J. L., Mollinedo, V., Pernuzzi, C., & Sordo, M. D. H. (2020). *Factibilidad técnica y económica del cultivo de frutilla (Fragaria x ananassa) en sustrato en las principales regiones productoras de la Argentina.* Editorial INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/frutilla_en_sustrato._informe_de_avance._proyecto_tierra_sana.docx_1_0.pdf

Abad Abad, C. F., Jiménez Álvarez, L. S., & Capa Mora, E. D. (2020). Efecto de la cubierta (microtúnel) en la productividad de dos variedades de fresa (Fragaria vesca) en el sector Cajanuma cantón Loja. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, *31*(1), 131-141. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962020000100131

Aguirre Ramírez, J. A. (2017). *Efecto de poda (1, 2, 3 y 4 ramas por planta) en el cultivo de pepinillo (cucumis sativus l.) híbrido Em American Slicer 160 f1 hyb, en la provincia de Lamas.* (Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Martín, Perú) https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2477/TESIS%20AGUIRRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Aldana Casas, L. J., & Pachón Medina, O. E. (2021). *Impacto de los agroquímicos en cultivos de fresa en Cundinamarca: un estudio de caso para la promoción de competencias desde la Educación para el Desarrollo Sostenible.* (Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional Facultad de Ciencia y Tecnología departamento de química, Bogotá) http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/13342/Impacto%20de%20los%20agroqu%c3%admicos%20en%20cultivos%20de%20fresa%20en%20Cundinamarca.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Álvarez, M., Tucta, F., Quispe, E., & Meza, V. (2018). Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (Fragaria sp.). *Revista Scientia Agropecuaria, 9(*1), 33-42. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172018000100004

Álvarez Jiménez, W. A. (2019). *Estimación de impactos ambientales basado en el análisis de ciclo de vida de la fase agrícola de la cadena agroalimentaria convencional y agroecológica de la frutilla (Fragaria SP.) en el cantón Cayambe* (Tesis de Licenciatura,

Universidad Politécnica Salesiana de Quito). https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17768/1/UPS%20-%20ST004347.pdf

Aranzazu Osorio, J. E. (2019). *Análisis del efecto del tratamiento magnético sobre la actividad enzimática en semillas de maíz (Zea mays L.).* (Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia) https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75611/1053699399.2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Anchapanta, R., & Judith, M. (2019). *Agronomía del riego por goteo en el cultivo de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.) en el CADET* (Tesis de Ingeniería, Quito: UCE). http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18962/1/T-UCE-0004-CAG-103.pdf

Arenosa, a. D. T. A. Y. (2019). *Efecto de diferentes dosis de material calcáreo sobre el ph y acidez intercambiable en suelos ácidos de textura arcillosa y arenosa en los distritos de hernandarias y nueva Italia gustavo ariel peralta moreno* (Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción).

Arévalo, E., Cayotopa, J., Olivera, D., Gárate, M., Trigoso, E., Costa, D. B., & León, B. (2017). Optimización de sustratos para la producción de conidias de Trichoderma harzianum. Por fermentación sólida en la región de San Martín. Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, *19*(2), 135-144. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572017000200003

Balma Montero, C. (2018). *Comparaciones de las emisiones de gases efecto invernadero para dos tecnologías de tratamiento de residuos de pulpa de café en Costa Rica.* (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Perú) https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14192/Proyecto%20de%20graduaci%C3%B3n.pdf?sequence=1

Barreros Chiluisa, E. I. (2017). *Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (cavia porcellus), enriquecido* (Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato). https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25395/1/Tesis-157%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20479.pdf

Birgi, J. A., & Gargaglione, V. B. (2021). *Producción y calidad de dos variedades de frutilla (Fragaria x ananassa Duch) en hidroponía en Santa Cruz.* (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de la Patagonia Austral). https://publicaciones.unpa.edu.ar/index.php/ICTUNPA/article/view/791/825

Briceño Armijos, H. A. (2021). *Evaluación de 3 variedades de frutilla (Fragaria x ananassa) en un sistema semi hidropónico, bajo condiciones de invernadero* (Tesis de Ingeniería, Universidad San Francisco de Quito). https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/10958/1/134361.pdf

Cárdenas Palomino, J. C. (2021). *Parámetros Óptimos en la Extracción de Sólidos Solubles de la Cáscara de Café (Coffea) por Lixiviación, Propuesta de Valor Comercial como Edulcorante.* (Tesis de Ingeniería, Universidad de Ayacucho Federico Froebel) http://repositorio.udaff.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11936/179/Tesis%20-%20Jak.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Carpio Amézquita, A. J. (2017). *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 Ingeniería, Universidad Católica de Santa María, Perú). http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/10425/4I.0307.AG.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carbonell, M. V., Flórez, M., Martínez, E., & Álvarez, J. (2017). Aportaciones sobre el campo magnético: historia e influencia en sistemas biológicos. *Revista Intropica. 12*(2): 143-159 http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/2282/1691

Castro Garibay, S. L., Aldrete, A., López Upton, J., & Ordaz Chaparro, V. M. (2019). Caracterización física y química de sustratos con base en corteza y aserrín de pino. *Revista Madera y bosques, 25*(2). http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v25n2/2448-7597-mb-25-02-e2521520.pdf

Chicaiza Toapanta, J. B. (2020). *Evaluación del efecto del agua magnetizada en plantas de amaranto (Amaranthus caudatus) variedad iniap-alegría en la etapa fenológica de crecimiento en Salache-Cotopaxi* (Tesis de ingeniería, Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador). http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6617/1/PC-000810.pdf

Córdova Suárez, H. M. (2019). *Efecto de la inducción magnética del agua de riego, en el desarrollo, producción y rendimiento del cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.), variedad jaguar en la Granja Experimental ECAA* (Tesis de ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra).

Cortés, J. S. A., Godoy, J. A., Cortés, J. D. A., & Mora, R. M. S. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Revista Nova, 17*(32), 109-129.

Cortez, C. (2017). Rendimiento de dos variables de papa (Solanum tuberosum L.) con la aplicación de tierra negra y fertilizantes inorgánicos. *Revista de Investigación e*

Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, *4*(2), 56-69. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182017000200008&script=sci_arttext

Cotrina Bernardo, E. R., & Santiago Veliz, N. J. (2019). *Niveles de nutrición inorgánica en el rendimiento de fresa (Fragaria vesca variedad Monterrey) en condiciones edafoclimáticas de Ambo, Huánuco, 2018.* (Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Perú). https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/4517/TAG788C85.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cuervo Jurado, S. (2018). *Fisiología y rendimientos de biomasa en un cultivo de tomate hidropónico (Solanum lycopersicum) con solución nutritiva sometida a tratamiento magnético.* (Tesis de Ingeniería, Universidad del Valle, Colombia) https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/15928/CB_0576569.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Dávila Delgado, R., Gómez Méndez, M. F., Vera Estrella, R., & Sánchez López, R. (2019). Endocitosis en plantas (parte I): inducida por factores abióticos, bióticos y hormonas. *Revista de Educación Bioquímica*, *38*(1), 14-22. https://www.medigraphic.com/pdfs/revedubio/reb-2019/reb191c.pdf

De La Cruz Orihuela, C., & Arone Valencia, A. (2021). *Efecto del estiércol de ovino y abono verde en suelos agrícolas para el cultivo de papa yungay (Solanum tuberosum) en el distrito de Soras-Ayacucho.* (Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana Unión) http://200.121.226.32:8080/bitstream/handle/20.500.12840/4558/Cristina_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Delgado Arroyo, M. D. M., Mendoza López, K. L., González, M. I., Tadeo Lluch, J. L., & Martín Sánchez, J. V. (2019). Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, *35*(4), 965-977. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992019000400965&script=sci_arttext

Díaz Arca, O. A. (2017). *Aplicación de aditivos minerales para la reducción de pérdidas de nitrógeno por volatilización durante el compostaje de pulpa de café.* (Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria La Molina) http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2881/Q70-D53-T.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Díaz, L. A., Chicaiza, E., Uvidia, H., Aguiar, S., Escobar, J., Samaniego, E., & Arias, P. (2017, October). Estudios de absorción de nitrógeno orgánico en el cultivo de fresa (Fragaria vesca) en la provincia de Pichincha. *Ecuador. In II Taller Sobre Agroecología y Seguridad Alimentaria.*

Encalada Aldaz, J. E., & Landázuri Abarca, P. A. (2017). *Evaluación de tres soluciones nutritivas en el rendimiento y calidad de dos variedades de Fragaria x ananassa "fresa" en un sistema semi hidropónico.* (Tesis de Ingeniería, Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador). http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24771/1/T-IASA%20I-005600.pdf

Escobar Tovar, A. (2017). *Impacto de la aplicación de luz pulsada de alta intensidad sobre compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de frutilla* (Tesis de Maestría, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales). https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n6136_EscobarTovar.pdf

Escobar, O. Z., Jiménez, C. O., Benavides, J. A., Gutiérrez, M. A., & Torres, C. (2016). Efecto del agua magnetizada en el desarrollo y la producción de cúrcuma (Curcuma longa L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *10*(1), 176-185. file:///C:/Users/SUPERTRONICA/Downloads/gfischer,+Art%C3%ADculo14.pdf

Espinoza Infantes, F. E. (2020). *Evaluación del rendimiento de cinco variedades de fresa (fragaria spp.) En el centro de investigación y producción agrícola, Cañasbamba, y Yungay, 2017-2018.* (Tesis de ingeniería, Universidad Nacional "Santiago Antunez de Mayolo", Perú) http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4232/T033_46896435_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ferrer, C., & Flor, J. (2020). *Efecto de aplicación de cuatro biofertilizantes líquidos orgánicos sobre el rendimiento del cultivo de la fresa (fragaria vesca L.) en el distrito de Paucartambo–Región Pasco.* (Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú) http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2304/1/T026_73449677_T.pdf

Flores Barona, M. D. (2018). *Evaluación de sustratos y soluciones nutritivas en la producción hidropónica con sustratos sólidos en fresa (Fragaria x ananassa)* (Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador). http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28424/1/Tesis-200%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20585.pdf

Galván Valencia, M. E. (2020). *Efecto de la aplicación de agua magnetizada en la mancha de madurez en banano (musa aaa), en la finca Giselle Beatriz, zona bananera, Magdalena.* (Tesis de Ingeniería, Universidad de Córdoba) https://repositorio.unicordoba.edu.co/xmlui/bitstream/handle/ucordoba/3588/galvanvalenciamoises.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Garcés Galarza, J. A. (2021). *Evaluación de tres fertilizantes orgánicos para mejorar la producción de fresa (Fragaria x ananassa)* (Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato). https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33466/1/Tesis-281%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-%20Garc%c3%a9s%20Galarza%20Jenny%20Abigail.pdf

García, S. Bryan, N. (2020). *Evaluación del efecto del agua magnetizada en el desarrollo de plantas de quinua (Chenopodium quinoa) variedad iniap "pata de venado" en la etapa fenológica de crecimiento en Salache–Cotopaxi* (Tesis de Ingeniería, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).). http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6628/1/PC-000822.pdf

Gamarra Lezcano, C. C., Díaz Lezcano, M. I., Vera de Ortíz, M., Galeano, M. D. P., & Cabrera Cardús, A. J. N. (2018). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, *9*(46), 4-26. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322018000200004&script=sci_arttext

Giraldo, Y. D., Lache, A., Ortíz, M. A., & Páez, A. I. (2019). Codigestión de estiércol de bovino y residuo de poda para la producción de biogás mediante digestión anaerobia con agitación a escala laboratorio. *Revista Gestión y Ambiente, 22*(2). https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/75759/75867

Gómez Samus, M., Rico, Y., Ziccarelli, S., Parodi, A. V., & Bidegain, J. C. (2017). Efectos del contenido de CaCO3 inicial en las propiedades magnéticas de sedimentos calcinados. Resultados preliminares. *Revista de la Sociedad Geológica Mexicana, 69*(1), 261-278. http://www.scielo.org.mx/pdf/bsgm/v69n1/1405-3322-bsgm-69-01-00261.pdf

González Morales, M. F. (2018). *Evaluación del efecto de un biofertilizante enzimático, sobre los parámetros de calidad físicos, fisicoquímicos y actividad antioxidante de la frutilla (Fragaria ananassa) orgánica.* (Tesis de ingeniería, Universidad de Concepción, Chile) http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/3700/1/Evaluaci%c3%b3n%20del%20efecto%20de%20un%20biofertilizante%20enzim%c3%a1tico%2c%20sobre%20los%20par%c3%a1metros%20de%20calidad%20f%c3%adsicos%2c%20fisicoqu%c3%admicos%20y%20actividad%20antioxidante%20de%20la%20frutilla.pdf

Guacapiña Naranjo, P. K, (2020). *Curvas de extracción nutrimental de N, P, K, Ca, Mg, mediante tecnología micro carbono (TMC) y fertilización convencional, en el cultivo semi hidropónico de frutilla (Fragaria x ananassa).* (Tesis de ingeniería, Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador). http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24772/1/T-IASA%20I-005601.pdf

Guachún, F. P., & Raposo, V. J. (2018). Diseño Y Calibración De Un Magnetómetro De Muestra Vibrante: Caracterización De Materiales Magnéticos. *Revista Momento, (56),* 45-62.} http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-44702018000100045

Gualacata Cabascango, J. D. (2019). *Control químico del (Micosphaerella fragraria), en la hoja del cultivo de la fresa (Fragaria ananassa) en la zona de Intihuaycopungo, Otavalo-Imbabura* (Tesis de ingeniería, El Angel: UTB, 2019). http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6409/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000175.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guarin Villegas, E., Remolina Páez, L. M., Bermúdez Castro, J. P., Mogollón Londoño, S. O., Contreras Ropero, J. E., Martínez, J. B. G., & Barajas Solano, A. F. (2020). Efecto de la relación carbono/Nitrógeno en la producción de carotenoides en microalgas. *Revista Ingeniería y Competitividad*, *22*(1), 1-13. file:///C:/Users/SUPERTRONICA/Downloads/8811-Texto%20del%20art%C3%ADculo-27334-6-10-20200527.pdf

Guerrero Urbano, H. V. (2018). *Determinación de las plagas y enfermedades que atacan al cultivo de Fresa (Fragaria sp.), en la comunidad de Chilcapamba, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura* (Tesis de Ingeniería, El Angel: UTB,). http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4338/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000091.pdf?sequence=1

Guzmán Juan, A. R. (2020). *Evaluación de un sistema semi hidropónico utilizando dos tipos de sustrato frente a un sistema convencional en el cultivo de frutilla Fragaria x ananassa (var. Albión) bajo condiciones de invernadero* (Tesis de Ingeniería, Universidad San Francisco de Quito). https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/9731/1/122894AGRONOMIA.pdf

Hidrobo Chávez, J. A. (2020). *Evaluación morfológica y de patogenicidad del hongo Neopestalotiopsis como agente causal de la pudrición de corona en frutillas (Fragaria x ananassa) variedad Albión* (Tesis de Ingeniería, Universidad San Francisco de Quito). https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/9758/1/131917TSR.pdf

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2018). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Ecuador.* http://www.serviciometeorologico.gob.ec/

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 Ingeniería, Universidad Técnica del Norte). http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6405/1/03%20AGP%20211%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf

Kirschbaum, D. S., Heredia, A. M., Funes, C. F., & Quiroga, R. J. (2019). *Efectos de aplicaciones de bioestimulantes en el rendimiento y la calidad del cultivo de frutilla o fresa= Effects of biostimulant applications on strawberry crop yield and quality. Asociación Argentina de Horticultura.* https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/5508/INTA_CRTucuman-Santiago_EEAFamailla_Kirschbaum_DS_Efectos_aplicaciones_bioestimulantes_rendimiento_calidad_cultivo_frutilla.pdf?sequence=1

Llanos Ortiz, R. M. (2018). *Calidad y cantidad de agua de riego en el desarrollo y rendimiento de la fresa (Fragaria x annanasa) cv. San Andreas.* (Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria La Molina) http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3445/llanos-ortiz-rosita-milagros.pdf?sequence=1

Llumiquinga Quishpe, P. A. (2017). *Evaluación de fertilización mineral y órgano/mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla Fragaria x ananassa (Weston) Duchesne; variedad albión* (Tesis de Ingeniería, Universidad Central del Ecuador, UCE). http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9674/1/T-UCE-0004-17.pdf

Lino Quishpe, J. M. (2021). *Evaluación del efecto del agua magnetizada en la primera fase del desarrollo fenológico de quinua (Chenopodium quinua) variedad pata de venado, Latacunga-Cotopaxi, 2021* (Tesis de Ingeniería, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)). http://repositorio.utc.edu.ec/jspui/bitstream/27000/8021/1/PC-002116.pdf

López Illanes, K. A. (2019). *Variabilidad de la región its2 en poblaciones de Tetranychus urticae Koch en el cultivo de fresa (Fragaria vesca)* (Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato). https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29581/1/Tesis-232%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20634.pdf

López Flores, P. A. (2021). *Implementación de un sistema de riego automático en un cultivo de frutilla (fragaria vesca) semi-hidropónico del tipo NFT bajo invernadero basado en el sistema difuso tipo Takagi–sugeno en el sector de la parroquia de Quiroga cantón Cotacachi* (Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica del Norte) file:///C:/Users/SUPERTRONICA/Downloads/04%20RED%20274%20TRABAJO%20GRADO.pdf

López Valencia, D., Sánchez Gómez, M., Acuña Caita, J. F., & Fischer, G. (2018). Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (Fragaria x ananassa Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 19*(1). https://www.redalyc.org/jatsRepo/4499/449954241012/449954241012.pdf

Lizárraga, S. V., Perez, G. A., Ruiz, A. I., Salazar, S. M., Diaz Ricci, J. C., & Albornoz, P. L. (2018). Rendimiento frutal de tres variedades de Fragaria ananassa en relación con el grado de colonización por micorrizas arbusculares y otros endófitos fúngicos, Tucumán, Argentina. Respuesta histológica radical a la interacción. *Revista agronómica del noroeste argentino*, *38*(2), 145-154. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-369X2018000200006

Lucero, J., & Daniela, H. (2019). *Evaluación de tres dosis de fosfitos de zinc para mejorar la producción en el cultivo de fresa (Fragaria x ananassa) en el cantón Tulcán–provincia del Carchi* (Tesis de Maestría, Universidad Politécnica Estatal del Carchi). http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/757/1/340%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20tres%20dosis%20de%20fosfitos%20de%20zinc%20para%20mejorar%20la%20producci%C3%B3n%20en%20el%20cultivo.pdf

Maldonado Chávez, C. R., & Nogales Gallo, N. A. (2017). *Diseño de un sistema de transferencia de energía para el calentamiento de agua por medio de inducción* (Tesis de Ingeniería, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; Carrera de Ingeniería Electromecánica). https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/923

Mamani, L., y Félix, A. (2017). *Aplicación de agua magnetizada para la producción de papa (Solanum tuberosum L.) en la Estación Experimental de Patacamaya. (No. CIDAB-T-SB 211. P8-L3a.* (Tesis de Maestría, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz; Bolivia). https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/13122

Mamilovich Snchez, L. H. (2018). *Efecto del biol y estiércol de ovino en las propiedades del suelo y crecimiento del cacao (Theobroma cacao l.) en el vivero forestal de la Facultad*

de RNR-UNAS. (Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria De La Selva) http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1525/LHMS_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Manals Cutiño, E. M., Salas Tort, D., & Penedo Medina, M. (2018). Caracterización de la biomasa vegetal cascarilla de café. *Revista Tecnología Química, 38*(1), 169-181. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852018000100013&script=sci_arttext&tlng=pt

Márquez Molina, A. (2020). *Desarrollo de sustrato a base de cascarilla de café para producción de plántula de tomate (Solanum Lycopersicum L.).* http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/109929/Tesis%20Alejandro%20M%C3%A1rquez%20Mart%C3%ADnez%20sin%20datos%20sensibles.pdf?sequence=1

Martínez Porras, S. V. (2015). *Implementación de un Sistema de Riego por Goteo en la Granja Experimental de Agroempresas de la Universidad San Francisco de Quito en Puembo-Pichincha* (Tesis de Ingeniería, Universidad San Francisco de Quito: USFQ, 2015). https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6396/1/130564.pdf

Mendosa León, D. I. (2016). *Control de ácaros mediante la aplicación de bacillus subtilis en el cultivo de fresa (Fragaria vesca)* (Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato). https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24013/1/Tesis-138%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20427.pdf

Méndez López, A. L. (2021). *Prototipo de sistema de monitoreo y control agrícola basado en IoT. Caso de estudio: cultivos semi hidropónicos de fresa en el municipio de guasca Cundinamarca.* (Tesis de Ingeniería, Universidad Piloto De Colombia) http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/11253/PROTOTIPO_SISTEMA_DE_MONITOREO_Y_CONTROL_AGRICOLA_BASADO_EN_IoT.pdf?sequence=1

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 Ingeniería, Universidad Técnica De Babahoyo). http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3201/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000062.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mipaz, Y., & del Rosario, M. (2019). *"Evaluación de la fertilización orgánica e inorgánica utilizando dos tipos de acolchado en el cultivo de fresa (Fragaria sp) en las variedades Albión y Monterrey* (Tesis de Maestría, Universidad Politécnica Estatal del Carchi). http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/835/1/366%20Evaluaci%C3%B3n%

20de%20la%20fertilizaci%C3%B3n%20org%C3%A1nica%20e%20inorg%C3%A1nica%20utilizando%20dos%20tipos%20de%20acolchado%20en%20el%20cultivo%20de%20fresa.pdf

Molina, N. A. (2020). Tendencia, ciclo y estacionalidad de la frutilla (Fragaria ananassa) en el mercado de concentración de Corrientes. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas*, *24*(1), 191-215. https://revistas.unne.edu.ar/index.php/rfce/article/view/4367/4093

Monroy Tellez, D. O. (2018). *Evaluación de abonos foliares en el cultivo de frutilla (Fragaria sp.) bajo ambiente controlado en el Centro Experimental Cota Cota* (Tesis de Maestría, Universidad Mayor De San Andrés, La Paz). https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/20283/T-2620.pdf?sequence=1

Mora, J. C., & Ivars, N. Y. (2019). Evaluación de tres variedades de frutilla (Fragaria x ananassa dutch.) bajo dos sistemas, aire libre y microtúnel, como cultivo intercalar en *Los Antiguos, Santa Cruz.* https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/5541/INTA_CRPatagoniaSur_EEASantaCruz_Mora_JC_Evaluacion_de_tres_variedades_de_frutilla_bajo_dos_sistemas_aire_libre_y_microtunel.pdf?sequence=1

Morales Rosales, M. E., & Valdivia Horna, R. E. (2020). El costo de producción de la fresa y su influencia en la rentabilidad de la empresa "Crops Quito SAC"-Nuevo Chimbote 2020. (Tesis de Ingeniería, Universidad César Vallejo, Perú). https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53507/Morales_RME.%20Valdivia_HRE%20-%20SD.pdf?sequence=1

Morocho Ausay, L. J. (2018). *Evaluación de métodos de aplicación de polyter en cultivo de fresa (fragaria vesca)* (Tesis de Ingeniería, Universidad técnica de Ambato). http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27877/1/Tesis-194%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20573.pdf

Montenegro, M. (2018). *Estudio de la incidencia de Barbary Plantae G2T, aplicado al suelo, en el rendimiento de dos híbridos de pepinillo (Cucumis sativus, L.), en la Comunidad de San Vicente de Pusir, Cantón Bolívar, Provincia del Carchi, 2017*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica De Babahoyo. Carchi Ecuador. http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/4384/1/TEUTBFACIAGINGAGRON.pdf

Narciandi Díaz, R. E., & Rivera Martin, J. M. (2020). Producción de la proteína recombinante Gp-41 (VIH-1) en E. coli: Efecto del campo magnético. *Revista Cubana de Química*, *32*(1), 3-

19. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212020000100003&script=sci_arttext&tlng=en

Neutzling, C., Peil, R. M. N., Signorini, C. B., Grolli, P. R., & Perin, L. (2018). Reutilización del sustrato cascarilla de arroz in natura tras el cultivo de tomate para la producción de híbridos de pepino de conserva (Cucumis sativus L.) en sistema de recirculación de lixiviado. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *12*(3), 602-610.

Nicholls, C. I., Henao, A., & Altieri, M. A. (2015). Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*, *10*(1), 7-31. https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300711/216131

Núñez Zambrano, A. M. (2017). *Aislamiento e identificación molecular de agentes fúngicos de la frutilla (Fragaria sp.) de Pichincha-Ecuador* (Tesis de Ingeniería, Universidad San Francisco de Quito). https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6463/1/131635.pdf

Ochoa Pacheco, C. A., Ortiz Beaton, M. E., & Díaz Fernádez, U. (2018). Parámetros físicos, físicos-químicos y químicos de extractos de Origanummajorana l. cultivado utilizando agua magnetizada. *Revista Cubana Química*, *30*(3). https://www.researchgate.net/profile/Anmarli-Rodriguez-Ferreiro/publication/328049393_Parametros_fisicos_fisicos-quimicos_y_quimicos_de_extractos_de_Origanummajorana_l_cultivado_utilizando_agua_magnetizada/links/5bb4ef29299bf13e605da16c/Parametros-fisicos-fisicos-quimicos-y-quimicos-de-extractos-de-Origanummajorana-l-cultivado-utilizando-agua-magnetizada.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2017). Estudio FAO Riego y Drenaje. Evapotranspiración del cultivo. *Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.* Roma, Italia. https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf

Osorio Torre, Y. D. (2019). *Efecto de tres dosis de materia orgánica con la inoculación de microorganismos mejoradores del suelo en el rendimiento del cultivo de quinua (chenopodium quinoa willd.), Variedad Pasankalla, en CP de Huanchac, Independencia–ancash 2018.* (Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional "Santiago Antunez De Mayolo", Perú) http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3618/T033_74320924_T.pdf?sequence=1

Ospina Salazar, D. I., Benavides Bolaños, J. A., Zúñiga Escobar, O., & Muñoz Perea, C. G. (2018). Fotosíntesis y rendimiento de biomasa en ají Tabasco, rábano y maíz sometidos a

agua tratada magnéticamente. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *19*(2), 291-305.

Oviedo Solís, C. I., Cornejo Manzo, S., Murillo Ortiz, B. O., Guzmán Barrón, M. M., & Ramírez Emiliano, J. (2018). Los polifenoles de la fresa disminuyen el estrés oxidativo en enfermedades crónicas. *Revista Gaceta médica de México, 154(*1), 80-86. https://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2018/gm181m.pdf

Parra Castro, E. J. (2018). *Producción y comercialización de frutilla (fragaria sp) en la parroquia Yaruquí, cantón Quito, provincia de Pichincha* (Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica del Norte). http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8658/1/03%20AGN%20041%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf

Pazmiño Quiroga, J. A. (2019). *Efecto del recubrimiento comestible de tres concentraciones de colágeno en la conservación de fresa (Fragaria ananassa Weston)* (Tesis de Licenciatura, Universidad Central del Ecuador Quito: UCE). http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/18509/1/T-UCE-0004-CAG-083.pdf

Peraza Escobar, W. R. (2019). *Mejora del rendimiento de la gasificación de aserrín en un gasificador de lecho fluidizado usando cáscara de café como sustrato.* http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/13034/UPpeeswr.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pérez Alcázar, G. A. (2017). Imanes permanentes: características, aplicaciones y futuro. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *40*(155), 221-233. http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a04.pdf/amp/

Pérez Guerrero, L. L. (2018). *Inducción de la floración en fresa (Fragaria x ananassa) variedad albión, mediante la aplicación de extracto de sauce (Salix humboldtiana) y agua de coco (Cocos nucifera L)* (Tesis de ingeniería, Universidad Técnica de Ambato). http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28651/1/Tesis-212%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20605.pdf

Pérez Velastegui, J. A., & Zurita Tinizaray, J. E. (2019). *Evaluación del efecto de diferentes concentraciones de sábila (Xanthorrhoeaceae) y cera carnauba (Copernicia prunifera) como recubrimiento para incrementar la vida útil de la frutilla (Fragaria x ananassa)* (Tesis de Ingeniería, Universidad San Francisco de Quito). https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/9101/1/129285%20-%20125622.pdf

Pozo Martínez, A. G. (2010). *Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa dedicada a la producción y comercialización de frutas exóticas deshidratadas empacadas tipo snack (Piña, banano, mango, frutilla, papaya) en la ciudad de Quito* (Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana de Quito). https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4708/1/UPS-QT02317.pdf

Quilumbaquin Guachamin, Y. L. (2019). *Osmodeshidratación como alternativa para el mejoramiento de las características sensoriales de la fresa (Fragaria vesca; variedad Albión) deshidratada convencionalmente* (Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica Estatal del Carchi). http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/880/1/012%20Osmodeshidrataci%c3%b3n%20como%20alternativa%20para%20el%20mejoramiento%20de%20la%20caracter%c3%adsticas%20sensoriales%20de%20la%20fresa.pdf

Quispe Torres, Y. (2019). *Efecto de tres abonos foliares y soluciones nutritivas en la producción de variedades de fresa (Fragaria sp.) con un sistema de acolchado plástico en fitotoldo en Saylla, Cusco*. (Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco) http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5114/253T20190839_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ramírez Álava, K. J. (2019). *Evaluación de cuatro tipos de sustratos inorgánicos para el cultivo hidropónico de rosas en la ciudad de Tulcán provincia del Carchi* (Tesis de Maestría, Universidad Politécnica Estatal del Carchi). http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/832/1/363%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20cuatro%20tipos%20de%20sustratos%20inorg%C3%A1nicos%20para%20el%20cultivo%20de%20rosas%20en%20la%20ciudad%20del%20Tulc%C3%A1n.pdf

Revelo Sánchez, G. M. (2019). *Efecto de aplicación de tres frecuencias de riego y fertilización en el rendimiento de fresa (Fragaria x ananassa), en el CIE de Cañasbamba, Yungay 2017*. (Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional "Santiago Antunez de Mayolo", Perú). http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3602/T033_46513585_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rivas, N. L. L. (2019). Efectos positivos del campo magnético en plantas cultivadas. Intropica: *Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales*, *14*(2), 160-170. http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/3066/2271

Rivadeneira, 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 Ingeniería, 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

Rodríguez Ferreiro, A. O., Fung Boix, Y., Ochoa Pacheco, A., Ortiz Beaton, E., & Díaz Fernádez, U. (2018). Parámetros físicos, físicos-químicos y químicos de extractos de Origanum majorana l. Cultivado utilizando agua magnetizada. *Revista Cubana de Química*, *30*(3), 454-469. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212018000300007&script=sci_arttext&tlng=en

Romero Díaz, A., de Vente, J., & Díaz Pereira, E. (2019). Evaluación de los servicios ecosistémicos proporcionados por las terrazas agrícolas. *Revista Pirineos, 17*(08) e043-e043. https://pirineos.revistas.csic.es/index.php/pirineos/article/view/302/424

Rosado Núñez, F. (2019). *Estudio comparativo entre diferentes sistemas de recirculación cerrada del agua de riego para fresa en hidropónico.* (Tesis de Licenciatura, Universidad de Alcalá). https://ebuah.uah.es/xmlui/bitstream/handle/10017/41930/TFM_Rosado_Nunez_2019.pdf?sequence=1

Rosales Villegas, M. Á., Franco Navarro, J. D., Moreno Racero, F. J., & Colmenero Flores, J. M. (2020). *Beneficios de una fertilización rica en cloruro para la agricultura y sus efectos en la salud humana.* https://digital.csic.es/bitstream/10261/219663/1/HC349_Rosales%20et%20al_2020_09-2.pdf

Salambay Yupangui, V. J. (2019). *Incidencia de dos acaricidas de síntesis química en los agentes polinizadores en el cultivo de fresa (Fragaria ananassa D.) cultivar Albión en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo* (Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/10736/1/13T0878.pdf

Salguero Aguila, M. F. (2018). *Efecto de diferentes tipos de sustratos y contenedores en el desarrollo del cultivo de mora (Rubus glaucus)* (Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato). https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28383/1/Tesis-199%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20580.pdf

Salinas Arcos, R. M. (2019). *Diseño de un prototipo de sistema automatizado con Arduino para riego en el cultivo de fresas* (Tesis de Maestría, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática.). http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/40625/1/TESIS%20SALINAS%20ARCOS%20RICARDO%20MIGUEL.pdf

Shindoi, M. M., Chamorro, D. L., Avico, E. L., & Sarco, P. C. (2020). Efecto de dos densidades de plantación en el cultivo de frutilla (Fragaria x ananassa duch.) en Colonia Benitez Chaco. *Revista Agrotecnia, (30),* 105-111. https://revistas.unne.edu.ar/index.php/agr/article/viewFile/4663/4358

Tapia Chiguano, B. G. (2021). *Evaluación del efecto del agua magnetizada en la primera fase del desarrollo fenológico de Amaranto (Amaranthus caudatus) variedad Selenaya Sosulka, Latacunga-Cotopaxi, 2021* (Tesis de Ingeniería, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)). http://repositorio.utc.edu.ec/jspui/bitstream/27000/8299/1/PC-002138.pdf

Tapia Villanueva, Á. (2019). *Respuesta del cultivo de fresa (Fragaria vesca L) a la aplicación de abono foliar de Stevia y determinación de la fenología a nivel del Valle del Mantaro.* (Tesis de ingeniería, Universidad Nacional del Centro de Perú). https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/848/TTVAF-847.pdf?sequence=1

Tarquino Garcia, R. V. (2018). *Evaluación agronómica de la producción vertical del cultivo hidroponico de frutilla (Fragaria sp.) con dos densidades en carpa solar en el Centro Experimental Cota Cota* (Tesis de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz). https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18365/T-2541.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Trinidad Santos, A., & Velasco-Velasco, J. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Revista Agroproductividad, 9*(8), 52-59. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3286/Leonor_Tesis_Licenciatura_2020.pdf?sequence=4

Tito Alcarraz, C. (2019). *Producción de aliso (alnus acuminata hbk) en diferentes porcentajes de tierra negra, arena y compost en vivero Andahuaylas 2017.* (Tesis de Ingeniería, Universidad Tecnológica de los Andes, Perú) https://52.67.78.165/bitstream/utea/239/1/Producci%C3%B3n%20de%20aliso%28alnus%20acuminata%20HBK%29%20en%20diferentes%20porcentajes%20de%20tierra.pdf

Tucuch Pérez, M. A., Hernández Pérez, A., Valdez Aguilar, L. A., Pérez Arias, G. A., García Santiago, J. C., & Alvarado Carrillo, D. (2017). Aplicaciones de aluminio mantienen el crecimiento de fresa (Fragaria× ananassa Duch.) suplementada con roca fosfórica en condiciones de cultivo sin suelo. *Revista Terra Latinoamericana, 35*(3), 193-201. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792017000300193&script=sci_arttext

Vaca Mayorga, C. R. (2019). *Evaluación de aplicación foliar de calcio en el cultivo de fresa (Fragaria Sp.)* (Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato). http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29825/1/Tesis-236%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20638.pdf

Valencia Bedoya, D. (2019). *Determinar la importancia de la instalación y mantenimiento de los diferentes sistemas de riego para el óptimo desarrollo de los diferentes cultivos, optimizando el recurso hídrico y disminuyendo el impacto ambiental de esta actividad dentro del cultivo.* (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)) https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28150/dvalenciabe.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Vargas Ramirez, L. L. (2018). *Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (Fragaria vesca) variedades aroma y monterrey con abonamiento orgánico a nivel de invernadero en la ciudad universitaria Shancayan 3150 msnm. Huaraz–Ancash.* (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano, Perú) http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2660/T033_70774130_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vásquez Parrilla, D. (2019). Diseño e implementación de un prototipo de generador magnético para obtener energía eléctrica como alternativa de solución al ambiente. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3890/Quispe_Arapa_Lenin_Moises_Apaza_Bruna_Rossel.pdf?sequence=1

Vidal García, A. (2019). *Diseño y viabilidad de acolchados de vía húmeda para el control de malas hierbas* (Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica de Catalunya). https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/166364/memoria.pdf?sequence=1

Villagra, E. L., Max, J. A., Toffoli, L. M., & Pedraza, R. O. (2021). *Evaluación de crecimiento y desempeño productivo del cultivo de frutilla (Fragaria x ananassa Duch.) inoculado con Azospirillum brasilense.* (Tesis de Licenciatura, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán). https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9896/INTA_CRTucuman-Santiago_EEAFamailla_Toffoli_LM_Evaluaci%C3%B3n_de_crecimiento_y_desempe%C3%B1o_productivo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Yahya, U. A. A. B. & Islam, S. N. (2017). Impacts of Coastal Land Use Changes on Mangrove Wetlands at Sungai Mangsalut Basin in Brunei Darussalam. *In Coastal Wetlands: Alteration and Remediation (pp. 133-157).* Springer, Cham. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-56179-0_4

Zamora Eduardo, D., Rodríguez Fernández, P., Ferrer Dubois, A., Fung Boix, Y., Isaac Aleman, E., & Asanza Kindelán, G. (2020). Producción de tomate (Solanum lycopersicum L.) bajo riego con agua magnetizada en casa de cultivo protegido. *Revista Ciencia en su PC, 1, 60-*74. https://www.redalyc.org/jatsRepo/1813/181363107005/181363107005.pdf

Zepeda Bautista, R., Virgen Vargas, J., Suazo-López, F., Domínguez-Pacheco, F. A., Rodríguez-Rebollar, H., & Hernández-Aguilar, C. (2019). Campo electromagnético en plántulas, rendimiento y calidad de maíz en condiciones de campo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *10*(3), 629-642. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342019000300629&script=sci_arttext

Zúñiga Escobar, O., Jiménez Alfaro, C. O., Benavides-Bolaños, J. A., & Torres González, C. (2017). Respuesta de la Cúrcuma (Curcuma longa L.) a la aplicación de un biofertilizante tratado con un campo magnético. *Revista Tecnológicas. 9*(8), 45-59. https://www.redalyc.org/pdf/3442/344249897006.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Actividades de preparación del terreno





Anexo 2. Delimitación del área de trabajo para realizar el proyecto de investigación





Anexo 3. Cerramiento del área de trabajo para la realización del proyecto de investigación





Anexo 4. Delimitación del área con pingos de madera para elaboración de las camas





Anexo 5. Delimitación de las camas con pingos de madera





Anexo 6. Elaboración de las camas con tablas de madera





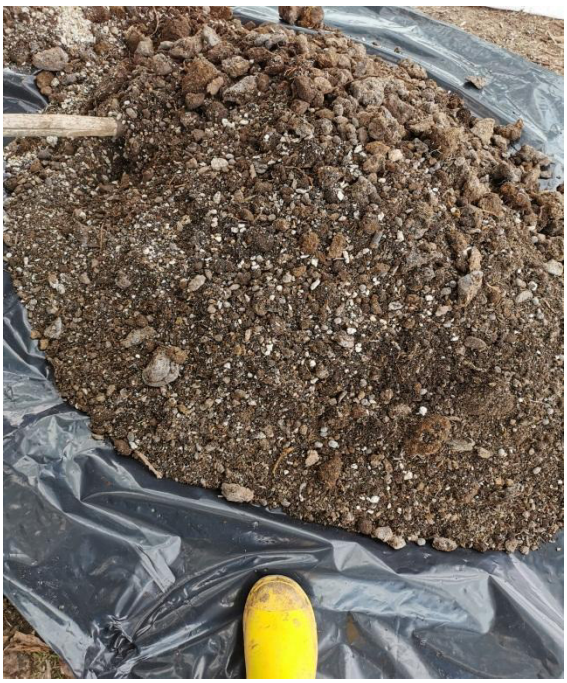
Anexo 7. Elaboración de las camas





Anexo 8. Elaboración de la mezcla de sustratos (Cascarilla de arroz, cascarilla de café, tierra negra y abono de ovino)





Anexo 9. Desinfección de las camas (Cal agrícola)





Anexo 10. Corte de plástico negro para las camas





Anexo 11. Cocido del plástico negro para las camas





Anexo 12. Instalación del sistema de riego por goteo







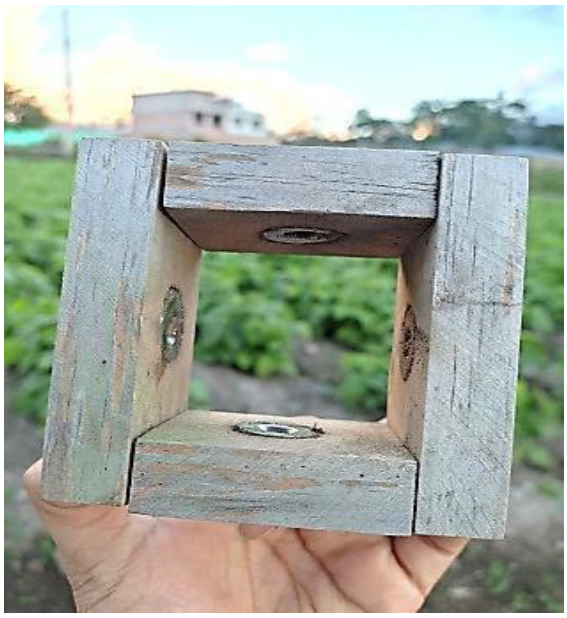









Anexo 13. Elaboración de la caja de Magnetización





Anexo 14. Colocación de los sustratos para cada tratamiento





Anexo 15. Trasplante de la planta de frutilla *(Fragaria ananassa)* variedad albión





Anexo 16. Elaboración de letreros para señalización e identificación de tratamientos





Anexo 17. Toma de datos de la variable dependiente (altura de planta)





Anexo 18. Limpieza del área del proyecto de investigación









Anexo 19. Corte de estolones





Anexo 20. Control químico de plagas y enfermedades a los 30 días después del trasplante





Anexo 21. Toma de datos de la variable dependiente (días a la floración)





Anexo 22. Toma de datos de la variable dependiente (número de frutos por planta)





Anexo 23. Toma de datos de la variable dependiente (kilogramos (kg) totales de fruto extraído por unidad experimental)









Anexo 24. Clasificación por grande, mediano, pequeño de los kilogramos (kg) totales de fruto extraído por unidad experimental





Anexo 25. Pesado de Kilogramos totales del fruto cosechados por tratamiento





Anexo 26. Enfermedades del cultivo de frutilla (Punta morada)





Anexo 27. Plagas del cultivo de frutilla (Mosca de fruta)





Anexo 28. Valor de Grados Brix del fruto









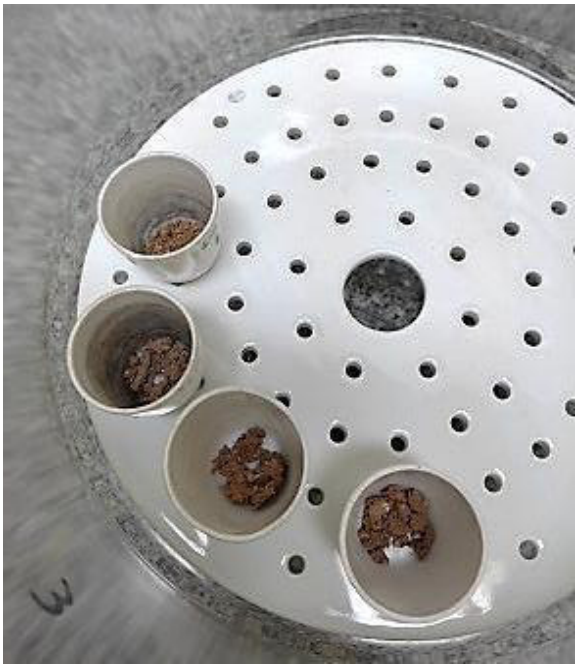
Anexo 29. Medición del diámetro polar y ecuatorial de los frutos cosechados





Anexo 30. Análisis en laboratorio de la mezcla de los sustratos de la investigación





Anexo 31. Análisis en laboratorio del ph de los sustratos de la investigación









Anexo 32. Resultado del análisis físico-químico del sustrato del tratamiento 1

L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre:	JOSELYN IBARRA	Provincia:	Imbabura
Ciudad:		Cantón:	Ibarra
Teléfono:	0998721250	Parroquia:	El Sagrario
Fax:		Sitio:	10 de Agosto

DATOS DEL LOTE		DATOS DE LABORATORIO	
Sitio:	10 de Agosto	Nro Reporte.:	9687
Superficie:		Tipo de Análisis:	Elemental
Número de Campo:	Cascarilla café más pomina y tierra negra	Muestra:	Suelo, mas cascarill
Cultivo Actual:		Fecha de Ingreso:	2020-10-23
A Cultivar:	Frutilla	Fecha de Reporte:	2020-10-28

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	70.0	ppm	
P	34.90	ppm	
S		ppm	
K	5.68	meq/100 ml	
Ca	15.92	meq/100 ml	
Mg	3.24	meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO
Zn		ppm	
Cu		ppm	
Fe		ppm	
Mn		ppm	BAJO MEDIO ALTO
B		ppm	BAJO MEDIO ALTO TOXICO
pH	7.93		0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0 — Acido, Lig. Acido, Pract. Neutro, Lig. Alcalino, Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	BAJO MEDIO ALTO
Ce	1.640	mS/cm	No Salino, Lig. Salino, Salino, Muy Salino
MO	7.76	%	BAJO MEDIO ALTO

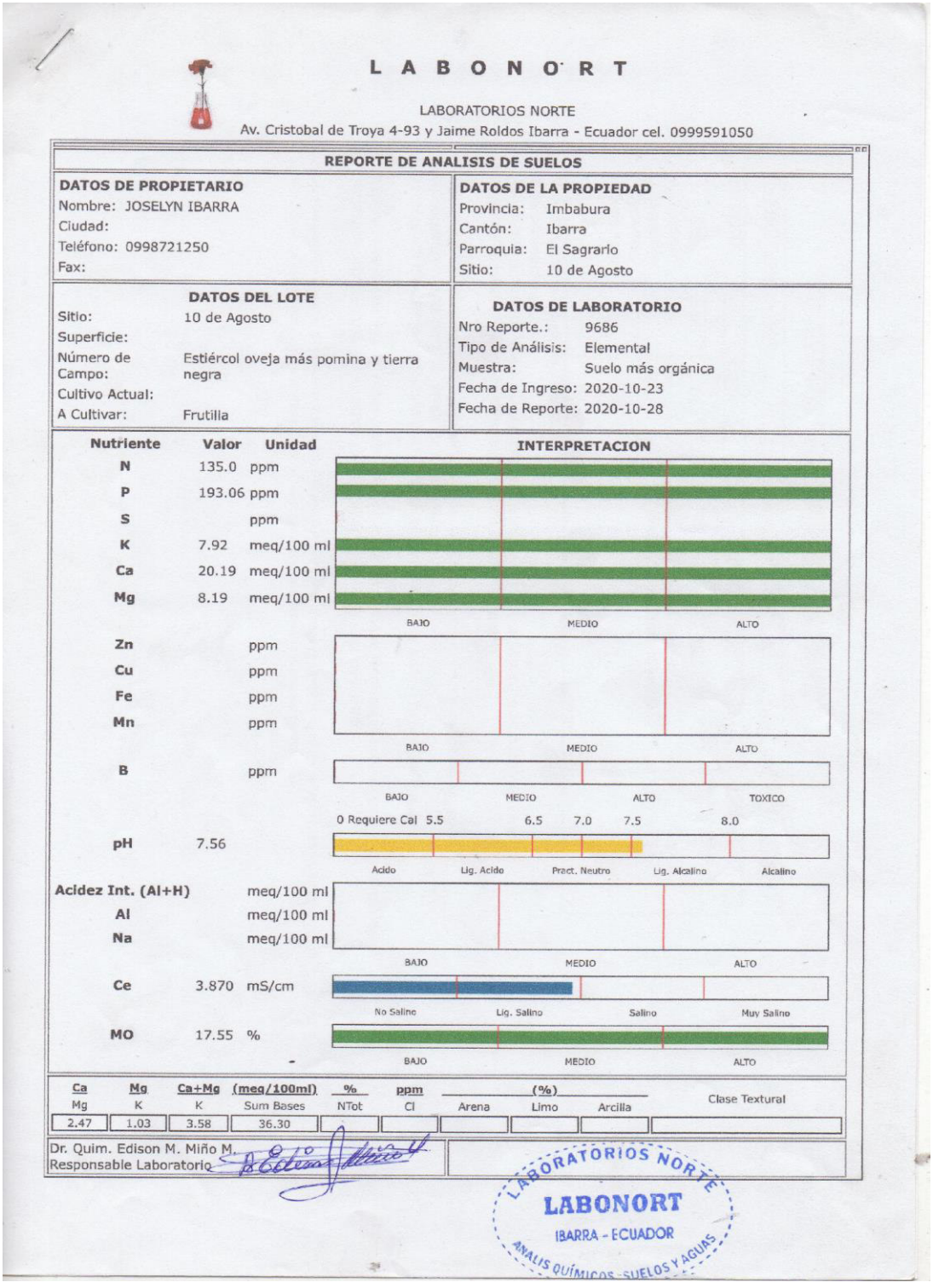
Ca	Mg	Mg	K	Ca+Mg	K	(meq/100ml) Sum Bases	% NTot	ppm Cl	(%) Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
4.91		0.57		3.37		24.84						

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio

LABORATORIOS NORTE
LABONORT
IBARRA - ECUADOR
ANALIS QUÍMICOS SUELOS Y AGUAS

Fuente: LABONORT, (2020)

Anexo 33. Resultado del análisis físico-químico del sustrato del tratamiento 2



L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO
Nombre: JOSELYN IBARRA
Ciudad:
Teléfono: 0998721250
Fax:

DATOS DE LA PROPIEDAD
Provincia: Imbabura
Cantón: Ibarra
Parroquia: El Sagrario
Sitio: 10 de Agosto

DATOS DEL LOTE
Sitio: 10 de Agosto
Superficie:
Número de Campo: Estiércol oveja más pomina y tierra negra
Cultivo Actual:
A Cultivar: Frutilla

DATOS DE LABORATORIO
Nro Reporte.: 9686
Tipo de Análisis: Elemental
Muestra: Suelo más orgánica
Fecha de Ingreso: 2020-10-23
Fecha de Reporte: 2020-10-28

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	135.0	ppm	BAJO / MEDIO / ALTO
P	193.06	ppm	
S		ppm	
K	7.92	meq/100 ml	
Ca	20.19	meq/100 ml	
Mg	8.19	meq/100 ml	
Zn		ppm	BAJO / MEDIO / ALTO
Cu		ppm	
Fe		ppm	
Mn		ppm	
B		ppm	BAJO / MEDIO / ALTO / TOXICO
pH	7.56		0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0 — Acido / Lig. Acido / Pract. Neutro / Lig. Alcalino / Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	BAJO / MEDIO / ALTO
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
Ce	3.870	mS/cm	No Salino / Lig. Salino / Salino / Muy Salino
MO	17.55	%	BAJO / MEDIO / ALTO

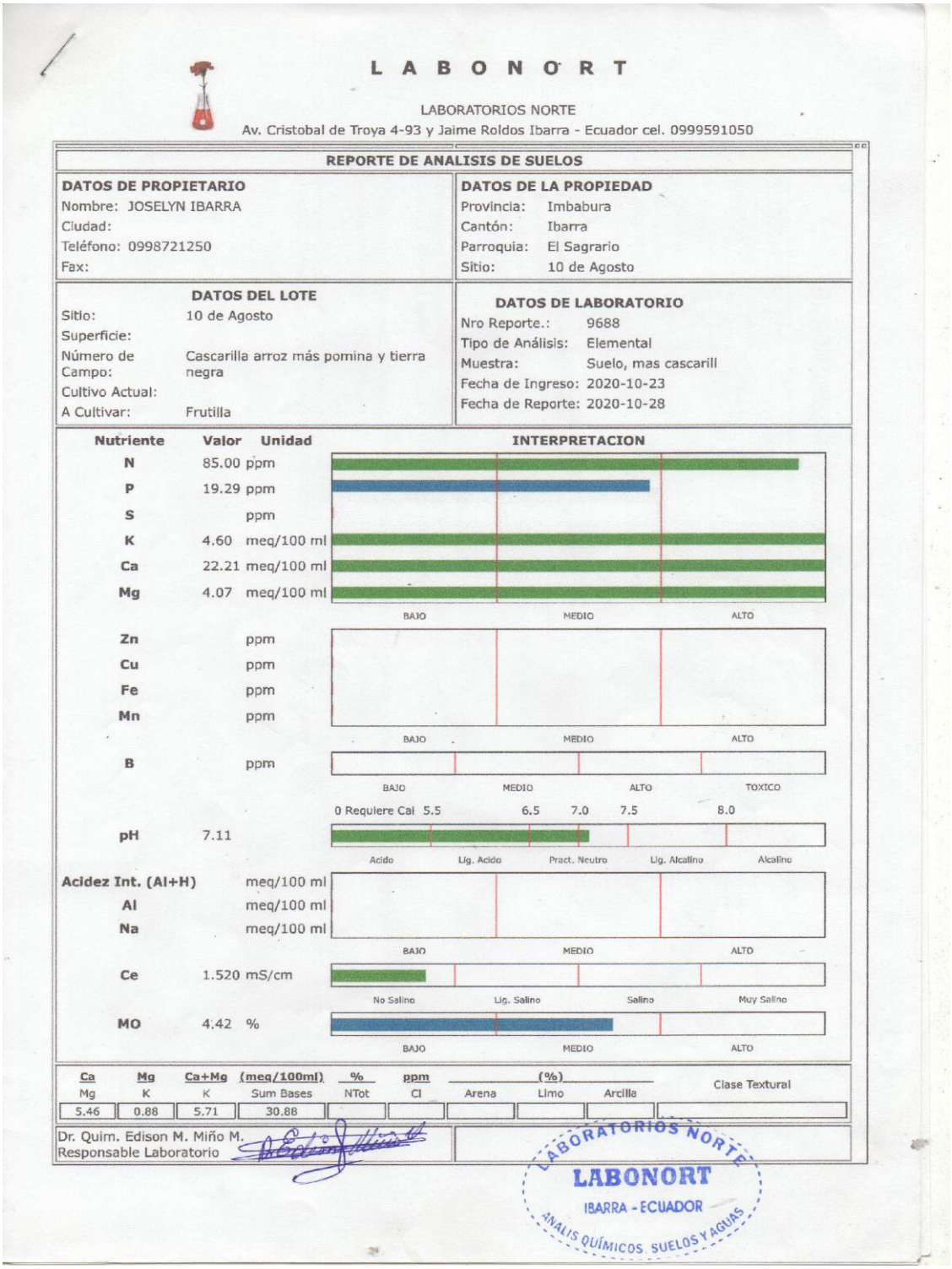
Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)			Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
2.47	1.03	3.58	36.30						

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio

LABORATORIOS NORTE
LABONORT
IBARRA - ECUADOR
ANALIS QUÍMICOS - SUELOS Y AGUAS

Fuente: LABONORT, (2020)

Anexo 34. Resultado del análisis físico-químico del sustrato del tratamiento 3



L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO
Nombre: JOSELYN IBARRA
Ciudad:
Teléfono: 0998721250
Fax:

DATOS DE LA PROPIEDAD
Provincia: Imbabura
Cantón: Ibarra
Parroquia: El Sagrario
Sitio: 10 de Agosto

DATOS DEL LOTE
Sitio: 10 de Agosto
Superficie:
Número de Campo: Cascarilla arroz más pomina y tierra negra
Cultivo Actual:
A Cultivar: Frutilla

DATOS DE LABORATORIO
Nro Reporte.: 9688
Tipo de Análisis: Elemental
Muestra: Suelo, mas cascarill
Fecha de Ingreso: 2020-10-23
Fecha de Reporte: 2020-10-28

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	85.00	ppm	BAJO / MEDIO / ALTO
P	19.29	ppm	
S		ppm	
K	4.60	meq/100 ml	
Ca	22.21	meq/100 ml	
Mg	4.07	meq/100 ml	
Zn		ppm	BAJO / MEDIO / ALTO
Cu		ppm	
Fe		ppm	
Mn		ppm	
B		ppm	BAJO / MEDIO / ALTO / TOXICO
pH	7.11		0 Requiere Cal 5.5 / 6.5 / 7.0 / 7.5 / 8.0 — Acido / Lig. Acido / Pract. Neutro / Lig. Alcalino / Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	BAJO / MEDIO / ALTO
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
Ce	1.520	mS/cm	No Salino / Lig. Salino / Salino / Muy Salino
MO	4.42	%	BAJO / MEDIO / ALTO

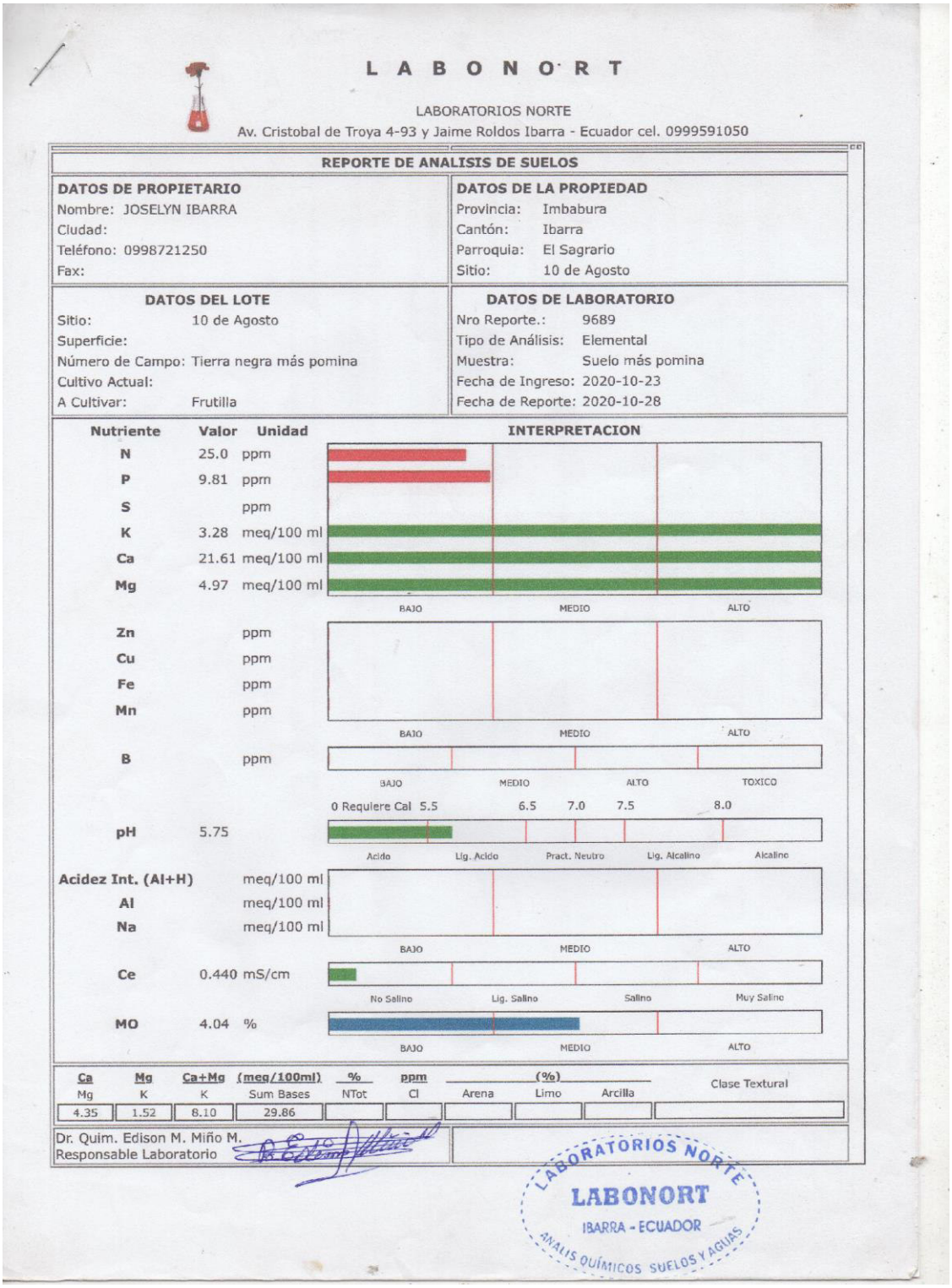
Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)			Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
5.46	0.88	5.71	30.88						

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio

LABORATORIOS NORTE
LABONORT
IBARRA - ECUADOR
ANALISIS QUÍMICOS SUELOS Y AGUAS

Fuente: LABONORT, (2020)

Anexo 35. Resultado del análisis físico-químico del sustrato del tratamiento 4



L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya 4-93 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DE PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre:	JOSELYN IBARRA	Provincia:	Imbabura
Ciudad:		Cantón:	Ibarra
Teléfono:	0998721250	Parroquia:	El Sagrario
Fax:		Sitio:	10 de Agosto

DATOS DEL LOTE		DATOS DE LABORATORIO	
Sitio:	10 de Agosto	Nro Reporte.:	9689
Superficie:		Tipo de Análisis:	Elemental
Número de Campo:	Tierra negra más pomina	Muestra:	Suelo más pomina
Cultivo Actual:		Fecha de Ingreso:	2020-10-23
A Cultivar:	Frutilla	Fecha de Reporte:	2020-10-28

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	25.0	ppm	BAJO / MEDIO / ALTO
P	9.81	ppm	
S		ppm	
K	3.28	meq/100 ml	
Ca	21.61	meq/100 ml	
Mg	4.97	meq/100 ml	
Zn		ppm	BAJO / MEDIO / ALTO
Cu		ppm	
Fe		ppm	
Mn		ppm	
B		ppm	BAJO / MEDIO / ALTO / TOXICO
pH	5.75		0 Requiere Cal / 5.5 / 6.5 / 7.0 / 7.5 / 8.0 — Acido / Lig. Acido / Pract. Neutro / Lig. Alcalino / Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	BAJO / MEDIO / ALTO
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
Ce	0.440	mS/cm	No Salino / Lig. Salino / Salino / Muy Salino
MO	4.04	%	BAJO / MEDIO / ALTO

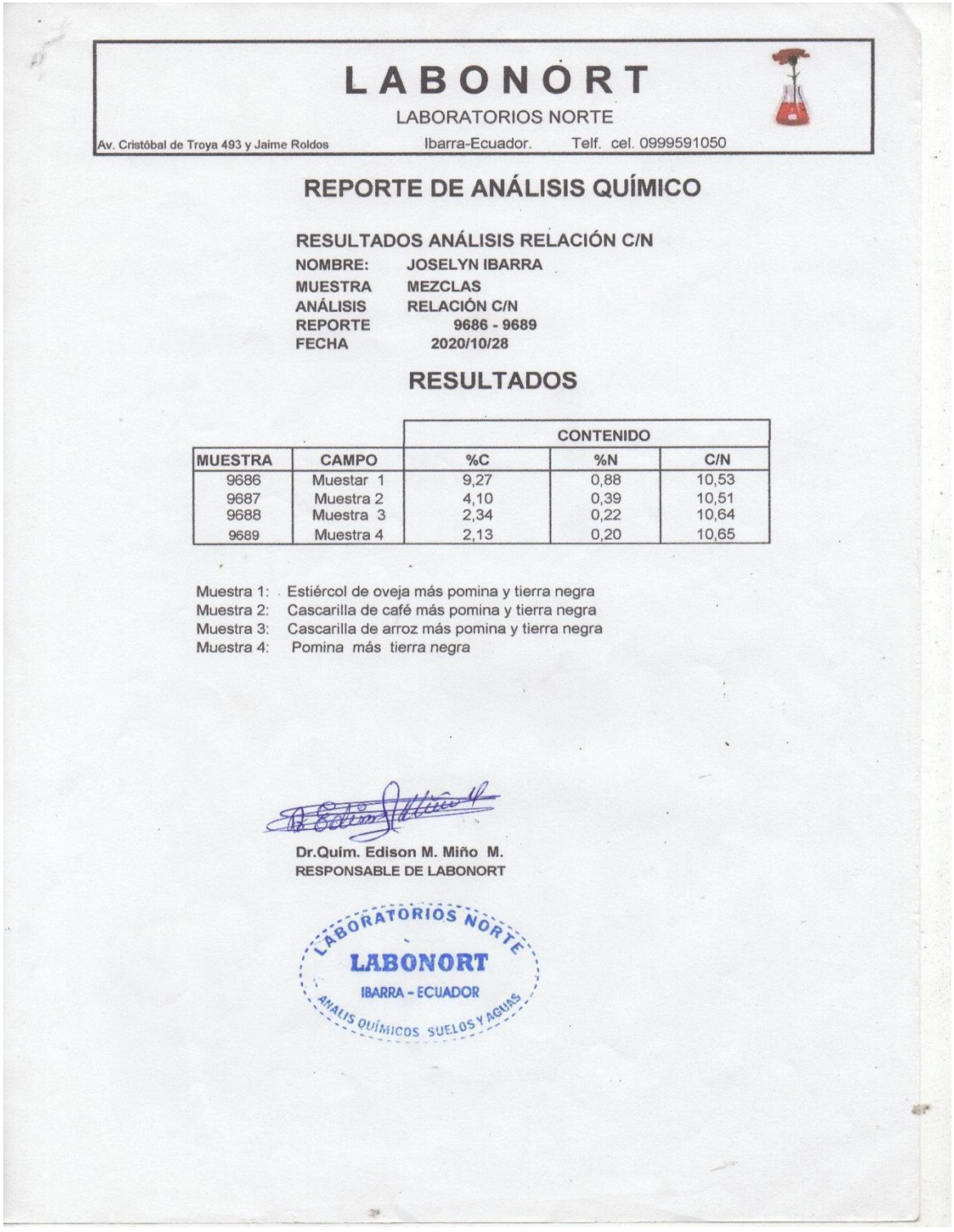
Ca / Mg	Mg / K	Ca+Mg / K	(meq/100ml) Sum Bases	% NTot	ppm Cl	(%) Arena	(%) Limo	(%) Arcilla	Clase Textural
4.35	1.52	8.10	29.86						

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio

LABORATORIOS NORTE
LABONORT
IBARRA - ECUADOR
ANALISIS QUÍMICOS SUELOS Y AGUAS

Fuente: LABONORT, (2020)

Anexo 36. Resultado del análisis químico relación C/N de los sustratos investigados



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristóbal de Troya 493 y Jaime Roldos Ibarra-Ecuador. Telf. cel. 0999591050

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

RESULTADOS ANÁLISIS RELACIÓN C/N

NOMBRE: JOSELYN IBARRA
MUESTRA MEZCLAS
ANÁLISIS RELACIÓN C/N
REPORTE 9686 - 9689
FECHA 2020/10/28

RESULTADOS

		CONTENIDO		
MUESTRA	CAMPO	%C	%N	C/N
9686	Muestar 1	9,27	0,88	10,53
9687	Muestra 2	4,10	0,39	10,51
9688	Muestra 3	2,34	0,22	10,64
9689	Muestra 4	2,13	0,20	10,65

Muestra 1: Estiércol de oveja más pomina y tierra negra
Muestra 2: Cascarilla de café más pomina y tierra negra
Muestra 3: Cascarilla de arroz más pomina y tierra negra
Muestra 4: Pomina más tierra negra

Dr.Quím. Edison M. Miño M.
RESPONSABLE DE LABONORT

LABORATORIOS NORTE
LABONORT
IBARRA - ECUADOR
ANALIS QUÍMICOS SUELOS Y AGUAS

Fuente: LABONORT, (2020)

Anexo 37. Cálculo de la lámina de Riego

Cultivo: Frutilla
Fecha de trasplante: 13/10/2020
Fase de cultivo inicial: 35 días
Evapotranspiración: 5 mm día^{-1}
Kc: 0,45
Eficiencia del sistema de riego: 90%

$$ET = ETR * KC$$

$$ET = 5 * 0{,}45$$

$$ET = 2{,}25 \frac{mm}{día}$$

Et =Nn = Nb

$$Nb = \frac{2{,}25}{90} * 100$$

$$Nb = 2{,}50 \frac{mm}{día}$$

Vamos a regar 2,50 mm día^{-1} o 2,50 l metro^2 día^{-1}
Marco de plantación:
Hileras 0,25 m
Entre planta 0,20 m
Es un lateral de riego con separación de 1 m
El caudal de cada gotero es de 1,30 l h^{-1}
Tiempo de riego
Número de emisores m^2

$$Nº\ emisores/m^2 = \frac{1}{0{,}25 * 0{,}20}$$

$$Nº\ emisores/m^2 = 20$$

Tiempo de riego en minutos

$$T = \frac{2{,}50\ l/m^2}{1{,}30\ l/h} * \frac{1}{20} * 60$$

$$T = 5{,}76\ min$$

El tiempo de riego es de 6 minutos en el Kc 0,45 de la fase 1 de crecimiento de las plantas de frutilla

Fecha de desarrollo: 50 días
Kc: 0,70

$$ET = 5 * 0{,}70$$

$$ET = 3{,}50 \frac{mm}{día}$$

Et =Nn = Nb

$$Nb = \frac{3{,}50}{90} * 100$$

$$Nb = 3{,}88 \frac{mm}{día}$$

Vamos a regar 3,88 mm día^{-1} o 3,88 l m^2 día^{-1}
Tiempo de riego
Número de emisores m^2

$$Nº\ emisores/m^2 = \frac{1}{0{,}25 * 0{,}20}$$

$$Nº\ emisores/m^2 = 20$$

Tiempo de riego en minutos

$$T = \frac{3{,}88\ l/m^2}{1{,}30\ l/h} * \frac{1}{20} * 60$$

$$T = 9\ min$$

El tiempo de riego es de 9 minutos en el Kc 0,70 de la fase de desarrollo de las plantas de frutilla
Fecha de mediados de desarrollo: 35 días
Kc: 0,85

$$ET = 5 * 0{,}85$$

$$ET = 4{,}25 \frac{mm}{día}$$

Et =Nn = Nb

$$Nb = \frac{4{,}25}{90} * 100$$

$$Nb = 4{,}72 \frac{mm}{día}$$

Vamos a regar 4,72 mm día^{-1} o 4,72 l m^2 día^{-1}
Tiempo de riego
Número de emisores m^2

$$Nº\ emisores/m^2 = \frac{1}{0{,}25 * 0{,}20}$$

$$Nº\ emisores/m^2 = 20$$

Tiempo de riego en minutos

$$T = \frac{4{,}72\ l/m^2}{1{,}30\ l/h} * \frac{1}{20} * 60$$

$$T = 11\ min$$

El tiempo de riego es de 11 minutos en el kc 0,85 de la fase de desarrollo de las plantas de frutilla.

Anexo 38. Socialización de resultados online vía meet



Anexo 39. Costos de los sustratos utilizados para el tratamiento 1

Combinación para TRATAMIENTO 1	Unidad	Cantidad	Costo unitario $	Costo total $
Cascarilla de café	kg	163	0,07	12
Pomina	kg	163	0,05	9
Tierra negra	kg	163	0,08	13,04
Cal agrícola	kg	9	0,40	3,60
Preparación	Jornal	1	15	15
Adquisición de materiales	Transporte	1	20,00	20,00
Total				**72,64**

Anexo 40. Costos de los sustratos utilizados para el tratamiento 2

Combinación para TRATAMIENTO 2	Unidad	Cantidad	Costo unitario $	Costo total $
Estiércol de ovino	kg	163	0,15	24,45
Pomina	kg	163	0,05	9
Tierra negra	kg	163	0,08	13,04
Cal agrícola	kg	9	0,40	3,60
Preparación	Jornal	1	15	15
Adquisición de materiales	Transporte	1	20,00	20,00
Total				**85,09**

Anexo 41. Costos de los sustratos utilizados para el tratamiento 3

Combinación para TRATAMIENTO 3	Unidad	Cantidad	Costo unitario $	Costo total $
Cascarilla de arroz	kg	163	0,09	14,67
Pomina	kg	163	0,05	9
Tierra negra	kg	163	0,08	13,04
Cal agrícola	kg	9	0,40	3,60
Preparación	Jornal	1	15	15
Adquisición de materiales	Transporte	1	20,00	20,00
Total				**75,31**

Anexo 42. Costos de los sustratos utilizados para el tratamiento 4

Combinación para TRATAMIENTO 4	Unidad	Cantidad	Costo unitario $	Costo total $
Pomina	kg	326	0,05	16,30
Tierra negra	kg	326	0,08	26,08
Cal agrícola	kg	18	0,40	7,20
Preparación	Jornal	1	15	15
Adquisición de materiales	Transporte	1	20,00	20,00
Total				**84,58**

Anexo 43. Promedios de altura de la planta (cm) a los 28 días

TRATAMIENTOS	BLOQUE 1		BLOQUE 2		BLOQUE 3		SUMA T	MEDIA T
	A1	A2	A1	A2	A1	A2		
T1 (café)	6,33	6,60	6,69	6,72	6,03	7,96	40,34	6,72
T2 (oveja)	6,79	7,53	8,05	8,14	8,05	8,14	46,69	7,78
T3 (arroz)	6,25	6,75	6,11	7,24	7,05	6,59	39,99	6,67
T4 (testigo)	6.67	6,69	5,83	7,03	6,16	6,90	39,28	6,55
SUMA R	26,04	27,57	26,68	29,13	27,29	29,59	166,30	27,72
MEDIA R	6,51	6,89	6,67	7,28	6,82	7,40	41,58	6,93

Anexo 44. Promedios de altura de la planta (cm) a los 56 días

TRATAMIENTOS	BLOQUE 1		BLOQUE 2		BLOQUE 3		SUMA T	MEDIA T
	A1	A2	A1	A2	A1	A2		
T1 (café)	10,74	11,20	10,37	10,79	10,86	13,70	67,66	11,28
T2 (oveja)	14,51	16,50	14,81	16,45	14,85	14,73	91,86	15,31
T3 (arroz)	10,32	11,34	9,95	11,74	10,50	11,20	65,05	10,84
T4 (testigo)	11,44	10,71	10,31	12,67	11,74	12,36	69,22	11,54
SUMA R	47,01	49,75	45,44	51,65	47,95	51,99	293,79	48,97
MEDIA R	11,75	12,44	11,36	12,91	11,99	13,00	73,45	12,24

Anexo 45. Promedios de altura de la planta (cm) a los 84 días

TRATAMIENTOS	BLOQUE 1		BLOQUE 2		BLOQUE 3		SUMA T	MEDIA T
	A1	A2	A1	A2	A1	A2		
T1 (café)	12,43	13,21	12,42	12,95	12,83	15,09	78,92	13,15
T2 (oveja)	15,88	18,27	15,77	17,93	16,25	16,35	100,45	16,74
T3 (arroz)	10,97	12,01	10,67	12,46	11,09	11,88	69,09	11,51
T4 (testigo)	12,05	11,89	11,22	13,42	12,34	13,43	74,35	12,39
SUMA R	51,33	55,38	50,08	56,76	52,51	56,75	322,82	53,79
MEDIA R	12,83	13.85	12,52	14,19	13,13	14,19	80,70	13,44

Anexo 46. Promedios del número de frutos por planta a los 120 días

TRATAMIENTOS	BLOQUE 1		BLOQUE 2		BLOQUE 3		SUMA T	MEDIA T
	A1	A2	A1	A2	A1	A2		
T1 (café)	8,87	9,73	8,53	9,53	8,13	8,80	53,60	8,93
T2 (oveja)	9,93	11,47	10,60	10,93	10,07	10,80	63,80	10,63
T3 (arroz)	7,47	8,13	7,67	8,53	8,13	8,47	48,40	8,07
T4 (testigo)	6,47	6,93	6,60	7,13	6,87	7,40	41,40	6,90
SUMA R	32,73	36,27	33,40	36,13	33,20	35,47	207,20	34,53
MEDIA R	8,18	9,07	8,35	9,03	8,30	8,87	51,80	8,63

Anexo 47. Promedios del número de frutos por planta a los 150 días

TRATAMIENTOS	BLOQUE 1		BLOQUE 2		BLOQUE 3		SUMA T	MEDIA T
	A1	A2	A1	A2	A1	A2		
T1 (café)	11,40	12,07	10,47	12,60	11,13	11,93	69,60	11,60
T2 (oveja)	13,07	14,73	13,13	14,47	12,80	13,67	81,87	13,64
T3 (arroz)	10,07	10,47	9,87	10,60	10,00	10,87	61,87	10,31
T4 (testigo)	7,93	8,47	8,40	9,13	8,40	8,73	51,07	8,51
SUMA R	42,47	45,73	41,87	46,80	42,33	45,20	264,41	44,06
MEDIA R	10,62	11,43	10,47	11,70	10,58	11,30	66,10	11,01

Anexo 48. Promedios del rendimiento en kg por unidad experimental

TRATAMIENTOS	BLOQUE 1		BLOQUE 2		BLOQUE 3		SUMA T	MEDIA T
	A1	A2	A1	A2	A1	A2		
T1 (café)	0,46	0,48	0,42	0,50	0,45	0,48	2,78	0,46
T2 (oveja)	0,52	0,59	0,53	0,52	0,51	0,55	3,22	0,54
T3 (arroz)	0,40	0,42	0,39	0,42	0,40	0,43	2,47	0,41
T4 (testigo)	0,32	0,34	0,34	0,37	0,34	0,35	2,04	0,34
SUMA R	1,70	1,83	1,68	1,81	1,70	1,81	10,51	1,75
MEDIA R	0,42	0,46	0,42	0,45	0,42	0,45	2,63	0,44

Anexo 49. Promedios de los valores de Grados Brix del fruto

TRATAMIENTOS	BLOQUE 1		BLOQUE 2		BLOQUE 3		SUMA T	MEDIA T
	A1	A2	A1	A2	A1	A2		
T1 (café)	10,63	10,19	10,09	10,59	10,34	10,64	62,47	10,41
T2 (oveja)	11,97	11,19	11,26	11,50	10,63	10,97	67,51	11,25
T3 (arroz)	8,24	8,20	8,24	8,21	8,07	8,19	49,16	8,19
T4 (testigo)	8,19	8,24	9,21	9,71	9,41	9,66	54,43	9,07
SUMA R	39,03	37,81	38,80	40,01	38,46	39,46	233,57	38,92
MEDIA R	9,76	9,45	9,70	10,00	9,61	9,86	58,39	9,73

Nota. Las tablas que están en anexos son los promedios de las variables dependientes de la investigación. Y las abreviaturas que están en las tablas significan lo siguiente:

SUMA T= Suma Total de los Tratamientos.

MEDIA T= Es los Promedios Totales de los Tratamientos.

SUMA R= Sumatoria Total de las Repeticiones o Bloques.

MEDIA R= Es los Promedios Totales de las Repeticiones o Bloques.

Anexo 50. Cálculo de la relación carbono/ nitrógeno de cada tratamiento

SUSTRATO 1

28 Kg Cascarilla de café

28 Kg Pomina

28 Kg de Tierra negra

Total 84 Kg corresponde al 100 % de la mezcla

	Cascarilla de café	**Pomina**	**Tierra negra**
PASO 1	$\frac{28}{100} = 2\,800$ $\frac{2\,800}{84} = 33{,}33\ \%$	$\frac{28}{100} = 2\,800$ $\frac{2\,800}{84} = 33{,}33\ \%$	$\frac{28}{100} = 2\,800$ $\frac{2\,800}{84} = 33{,}33\ \%$
PASO 2	$\frac{33{,}33}{100} = 0{,}33$	$\frac{33{,}33}{100} = 0{,}33$	$\frac{33{,}33}{100} = 0{,}33$
PASO 3	0,33 x 20 (cascarilla de café) = 6,6 0,33 x 11 (pomina) = 3,63 0,33 x 15 (tierra negra) = 4,95 **Total relación C/N** 15,18 %		

SUSTRATO 2

28 Kg Estiércol de oveja

28 Kg Pomina

28 Kg de Tierra negra

Total 84 Kg corresponde al 100 % de la mezcla

	Estiércol de oveja	**Pomina**	**Tierra negra**
PASO 1	$\frac{28}{100} = 2\ 800$ $\frac{2\ 800}{84} = 33{,}33\ \%$	$\frac{28}{100} = 2\ 800$ $\frac{2\ 800}{84} = 33{,}33\ \%$	$\frac{28}{100} = 2\ 800$ $\frac{2\ 800}{84} = 33{,}33\ \%$
PASO 2	$\frac{33{,}33}{100} = 0{,}33$	$\frac{33{,}33}{100} = 0{,}33$	$\frac{33{,}33}{100} = 0{,}33$
PASO 3	0,33 x 32 (estiércol de oveja) = 10,56 0,33 x 11 (pomina) = 3,63 0,33 x 15 (tierra negra) = 4,95 **Total relación C/N** 19,14 %		

SUSTRATO 3

28 Kg Cascarilla de arroz

28 Kg Pomina

28 Kg de Tierra negra

Total 84 Kg corresponde al 100 % de la mezcla

	Cascarilla de arroz	**Pomina**	**Tierra negra**
PASO 1	$\frac{28}{100} = 2\,800$ $\frac{2\,800}{84} = 33{,}33\ \%$	$\frac{28}{100} = 2\,800$ $\frac{2\,800}{84} = 33{,}33\ \%$	$\frac{28}{100} = 2\,800$ $\frac{2\,800}{84} = 33{,}33\ \%$
PASO 2	$\frac{33{,}33}{100} = 0{,}33$	$\frac{33{,}33}{100} = 0{,}33$	$\frac{33{,}33}{100} = 0{,}33$
PASO 3	0,33 x 66 (cascarilla de arroz) = 21,7 0,33 x 11 (pomina) = 3,63 0,33 x 15 (tierra negra) = 4,95 **Total relación C/N** 30,28 %		

SUSTRATO 4

42 Kg Pomina

42 Kg Tierra negra

Total 84 Kg corresponde al 100 % de la mezcla

	Pomina	**Tierra negra**
PASO 1	$\frac{28}{100} = 2\,800$ $\frac{2\,800}{84} = 33{,}33\ \%$	$\frac{28}{100} = 2\,800$ $\frac{2\,800}{84} = 33{,}33\ \%$
PASO 2	$\frac{33{,}33}{100} = 0{,}33$	$\frac{33{,}33}{100} = 0{,}33$
PASO 3	0,33 x 11 (pomina) = 3,63 0,33 x 15 (tierra negra) = 4,95 **Total relación C/N** 8,58 %	

Anexo 51. Costos unitarios del sistema de riego

Detalle	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total $
Manguera multiuso negra 1½”	metros	150	0,48	72
Manguera de goteo de 16 mm negra	metros	80	0,18	18,80
Filtro de anillos MESH de 1½”	unidad	2	9,40	15
Válvulas PINTAS mango azul de 1½”	unidad	2	4,20	8,40
Codos PVC 90° de 50 mm x 1½”	unidad	8	1,15	9,20
Conectores iniciales de 16 mm	unidad	24	0,12	2,88
Adaptadores hembra de 1½”	unidad	10	0,90	9,00
Tee flex de 1½”	unidad	8	0,75	6,00
Tapones roscados de 1½”	unidad	10	0,84	8,40
Abrazaderas metálicas de 1½”	unidad	15	1,25	18,75
Yee flex de 1½”	unidad	2	1,05	2,10
Teflón pequeño amarillo	unidad	5	0,37	1,85
Pega WELDON 705tm (946 mL)	unidad	1	4,47	4,47
Pingos de madera	unidad	15	1,80	27
Imanes de neodimio N52	unidad	4	4,30	17,20
Clavos de 2”	libras	1	1,68	1,68
Total				**222,73**