

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



EFFECTO DE TRES DOSIS DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN
PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE TRES VARIEDADES DE FRESA
(*Fragaria ananassa* Duch) EN CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA – CUSCO

Tesis presentada por el Bachiller en Ciencias Agrarias, **EDSON
YOSEP BACA HUAMÁN** para optar al Título Profesional de
Ingeniero Agrónomo.

Asesor: Mgt. Juan Wilbert Mendoza Abarca

Patrocinador:

Centro de Investigación en Suelos y Abonos – CISA

Cusco – Perú
2019

CONTENIDO

DEDICATORIAS.....	ix
AGRADECIMIENTOS.....	x
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Identificación del problema objeto de investigación	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos	3
2.3. Justificación	3
III. HIPÓTESIS	4
3.1. Hipótesis general.....	4
3.2. Hipótesis específicos.....	4
IV. MARCO TEÓRICO	5
4.1. Cultivo de la fresa	5
4.1.1. Origen y distribución.	5
4.1.2. Posición taxonómica.....	6
4.1.3. Especies del genero Fragaria.	6
4.1.4. Descripción Morfológica	7
4.1.5. Variedades de la fresa.....	10
4.1.6. Fenología de la fresa.....	11
4.1.7. Requerimientos climáticos.....	12
4.1.8. Propagación de la fresa.....	14
4.1.9. Plantación de la fresa.....	16
4.1.10. Prácticas culturales.	17
4.1.11. Plagas de la fresa.	20
4.1.12. Enfermedades de la fresa.....	21
4.1.13. Cosecha.....	24
4.2. Hidroponía	24

4.2.1. Concepto.....	24
4.2.2. Ventajas de la hidroponía.	25
4.2.3. Desventajas de la hidroponía.	26
4.2.4. Sistemas de hidroponía.	27
4.2.5. Soluciones nutritivas.....	32
4.2.6. Solución hidropónica La Molina.	34
4.3. Antecedentes empíricos de la investigación	34
4.3.1. Antecedentes empíricos a nivel nacional.....	34
4.3.2. Antecedentes empíricos a nivel internacional.	36
V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
5.1. Tipo de investigación.....	38
5.2. Ubicación espacial	38
5.2.1. Ubicación geográfica	38
5.2.2. Ubicación hidrográfica	38
5.2.3. Ubicación política.....	38
5.2.4. Zona de vida	38
5.3. Duración de la investigación.....	39
5.4. Materiales y métodos	39
5.4.1. Materiales de campo, equipos y herramientas.....	39
5.4.2. Métodos.	40
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
6.1. Rendimiento.....	55
6.1.1. Peso fresco de fruto por planta.	55
6.1.2. Números de fruto por planta	61
6.1.3. Peso fresco de residuos de cosecha por planta.	66
6.1.4. Peso seco de residuos de cosecha por planta.	68
6.2. Características agronómicas	70
6.2.1. Diámetro polar de fruto, en cm.....	70
6.2.2. Altura de planta (cm)	75
6.2.3. Longitud de raíz (cm)	81

VII. CONCLUSIONES.....	87
VIII. SUGERENCIAS.....	88
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	89
1. Agrios, N. (1996). <i>Fitopatología</i> . México: Limusa S.A.	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Especies del género Fragaria y su centro de origen</i>	6
Tabla 2: <i>Tratamientos evaluados</i>	44
Tabla 3: <i>VARIABLES e indicadores</i>	44
Tabla 4: <i>Promedios para peso fresco de fruto por planta (g/planta)</i>	55
Tabla 5: <i>Prueba de normalidad para dosis de solución nutritiva - Programa SPSS</i>	55
Tabla 6: <i>Prueba de normalidad para variedad - Programa SPSS</i>	55
Tabla 7: <i>Prueba de homogeneidad de varianzas para dosis de solución nutritiva</i>	56
Tabla 8: <i>Prueba de homogeneidad de varianzas para variedad</i>	56
Tabla 9: <i>Prueba de bondad de ajuste a función normal - Programa Easyfit 5.5</i>	56
Tabla 10: <i>Cuadro Auxiliar AxB</i>	57
Tabla 11: <i>Análisis de varianza para peso fresco de fruto por planta</i>	57
Tabla 12: <i>Prueba de Tukey para factor A (dosis de solución nutritiva)</i>	58
Tabla 13: <i>Prueba de Tukey para factor B (variedad de fresa)</i>	58
Tabla 14: <i>Análisis de varianza auxiliar</i>	59
Tabla 15: <i>Prueba de Tukey para factor A (solución nutritiva) en b₁ (variedad aromas)</i>	59
Tabla 16: <i>Prueba de Tukey para factor A (solución nutritiva) en b₂ (Variedad oso negro)</i> ...	60
Tabla 17: <i>Prueba de Tukey para factor A (solución nutritiva) en b₃ (variedad San Andreas)</i>	60
Tabla 18: <i>Promedios para número de fruto por planta</i>	61
Tabla 19: <i>Prueba de normalidad para dosis de solución nutritiva - Programa SPSS</i>	61
Tabla 20: <i>Prueba de normalidad para variedad - Programa SPSS</i>	61
Tabla 21: <i>Prueba de homogeneidad de varianzas para dosis de solución nutritiva</i>	62
Tabla 22: <i>Prueba de homogeneidad de varianzas para variedad</i>	62
Tabla 23: <i>Prueba de bondad de ajuste a función normal - Programa Easyfit 5.5</i>	62
Tabla 24: <i>Cuadro Auxiliar AxB</i>	63
Tabla 25: <i>Análisis de varianza para número de fruto por planta</i>	63
Tabla 26: <i>Prueba de Tukey para factor A</i>	64
Tabla 27: <i>Prueba de Tukey para factor B</i>	64
Tabla 28: <i>Análisis de varianza auxiliar</i>	65
Tabla 29: <i>Prueba de Tukey para factor A en b₁ (variedad aromas)</i>	65
Tabla 30: <i>Prueba de Tukey para factor A en b₂ (variedad oso negro)</i>	65
Tabla 31: <i>Prueba de Tukey para factor A en b₃ (variedad San Andreas)</i>	66

Tabla 32: <i>Promedios para peso fresco de residuos de cosecha (g/planta)</i>	66
Tabla 33: <i>Prueba de normalidad para dosis de solución nutritiva - Programa SPSS</i>	66
Tabla 34: <i>Prueba de normalidad para variedad - Programa SPSS</i>	67
Tabla 35: <i>Prueba de homogeneidad de varianzas para dosis de solución nutritiva</i>	67
Tabla 36: <i>Prueba de homogeneidad de varianzas para variedad</i>	67
Tabla 37: <i>Prueba de bondad de ajuste a función normal - Programa Easyfit 5.5</i>	68
Tabla 38: <i>Promedios para peso seco de residuos de cosecha (g/planta)</i>	68
Tabla 39: <i>Prueba de normalidad para dosis de solución nutritiva - Programa SPSS</i>	68
Tabla 40: <i>Prueba de normalidad para variedad - Programa SPSS</i>	69
Tabla 41: <i>Prueba de homogeneidad de varianzas para dosis de solución nutritiva</i>	69
Tabla 42: <i>Prueba de homogeneidad de varianzas para variedad</i>	69
Tabla 43: <i>Prueba de bondad de ajuste a función normal - Programa Easyfit 5.5</i>	70
Tabla 44: <i>Promedios para diámetro polar de fruto</i>	70
Tabla 45: <i>Prueba de normalidad para dosis de solución nutritiva - Programa SPSS</i>	70
Tabla 46: <i>Prueba de normalidad para variedad - Programa SPSS</i>	70
Tabla 47: <i>Prueba de homogeneidad de varianzas para dosis de solución nutritiva</i>	71
Tabla 48: <i>Prueba de homogeneidad de varianzas para variedad</i>	71
Tabla 49: <i>Prueba de bondad de ajuste a función normal - Programa Easyfit 5.5</i>	72
Tabla 50: <i>Cuadro Auxiliar AxB</i>	72
Tabla 51: <i>Análisis de varianza para diámetro polar de fruto</i>	73
Tabla 52: <i>Prueba de Tukey para factor A</i>	73
Tabla 53: <i>Prueba de Tukey para factor B</i>	73
Tabla 54: <i>Análisis de varianza auxiliar</i>	74
Tabla 55: <i>Prueba de Tukey para factor A en b₁ (variedad Aromas)</i>	74
Tabla 56: <i>Prueba de Tukey para factor A en b₂ (variedad oso negro)</i>	75
Tabla 57: <i>Prueba de Tukey para factor A en b₃ (variedad San Andreas)</i>	75
Tabla 58: <i>Promedio para altura de planta (cm)</i>	75
Tabla 59: <i>Prueba de normalidad para dosis de solución nutritiva - Programa SPSS</i>	76
Tabla 60: <i>Prueba de normalidad para variedad - Programa SPSS</i>	76
Tabla 61: <i>Prueba de homogeneidad de varianzas para dosis de solución nutritiva</i>	76
Tabla 62: <i>Prueba de homogeneidad de varianzas para variedad</i>	77
Tabla 63: <i>Prueba de bondad de ajuste a función normal - Programa Easyfit 5.5</i>	77
Tabla 64: <i>Cuadro Auxiliar AxB</i>	77
Tabla 65: <i>Análisis de varianza para altura de planta</i>	78

Tabla 66: Prueba de Tukey para factor A	79
Tabla 67: Prueba de Tukey para factor B	79
Tabla 68: Análisis de varianza auxiliar.....	79
Tabla 69: Prueba de Tukey para factor A en b_1 (variedad Aromas).....	80
Tabla 70: Prueba de Tukey para factor A en b_2 (variedad oso negro).....	80
Tabla 71: Prueba de Tukey para factor A en b_3 (variedad San Andreas)	81
Tabla 72: Promedios para longitud de raíz (cm)	81
Tabla 73: Prueba de normalidad para dosis de solución nutritiva - Programa SPSS.....	81
Tabla 74: Prueba de normalidad para variedad - Programa SPSS.....	81
Tabla 75: Prueba de homogeneidad de varianzas para dosis de solución nutritiva.....	82
Tabla 76: Prueba de homogeneidad de varianzas para variedad.....	82
Tabla 77: Prueba de bondad de ajuste a función normal - Programa Easyfit 5.5.....	82
Tabla 78: Cuadro Auxiliar Ax B	83
Tabla 79: Análisis de varianza para longitud de raíz.....	83
Tabla 80: Prueba de Tukey para factor A	84
Tabla 81: Prueba de Tukey para factor B	84
Tabla 82: Análisis de varianza auxiliar.....	84
Tabla 83: Prueba de Tukey para factor A en b_1 (variedad Aromas)	85
Tabla 84: Prueba de Tukey para factor A en b_2 (variedad oso negro).....	85
Tabla 85: Prueba de Tukey para factor A en b_3 (variedad San Andreas)	86

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: <i>Riego de cama de enraizamiento de esquejes</i>	45
Fotografía 2: <i>Construcción del fitotoldo</i>	45
Fotografía 3: <i>Fitotoldo concluido</i>	46
Fotografía 4: <i>Instalación de los canales de cultivo</i>	47
Fotografía 5: <i>Electrobombas de 0.5 HP</i>	47
Fotografía 6: <i>Instalación de electrobomba</i>	48
Fotografía 7: <i>Instalación de canales de cultivo</i>	48
Fotografía 8: <i>Canales de cultivo instalado</i>	48
Fotografía 9: <i>Soluciones nutritivas La Molina A y B</i>	49
Fotografía 10: <i>Dosificación de solución nutritiva</i>	49
Fotografía 11: <i>Adición de solución nutritiva la unidad de hidroponía</i>	50
Fotografía 12: <i>Envolviendo la raíz de la fresa con tela</i>	50
Fotografía 13: <i>Instalación de plántulas de fresa en los canales de cultivo</i>	51
Fotografía 14: <i>Plántulas de fresa instaladas en los canales de cultivo</i>	51
Fotografía 15: <i>Instalando plántula en vaso descartable</i>	51
Fotografía 16: <i>Fresa en floración</i>	52
Fotografía 17: <i>Fresa en producción</i>	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: <i>Campo experimental (03 unidades hidropónicas)</i>	42
Gráfico 2: <i>Unidad experimental</i>	43
Gráfico 3: <i>Unidad hidropónica</i>	43
Gráfico 4: <i>Peso fresco de fruto (g/planta)</i>	57
Gráfico 5: <i>Número de frutos por planta</i>	63
Gráfico 6: <i>Diámetro polar del fruto (cm)</i>	72
Gráfico 7: <i>Altura de planta (cm)</i>	78
Gráfico 8: <i>Longitud de raíz (cm)</i>	83

DEDICATORIAS

El presente trabajo va dedicado con mucho cariño y dedicación a mis padres Héctor Baca Ampuero Q.E.P.D, quien fue parte de mi formación y el que me apoyó en mi decisión de seguir esta carrera y a mi madre María Salome Huamán Cazorla y a mis hermanos Wilder Cristhian Baca Huamán y Héctor Alexandro Baca Huamán por haberme apoyado en el día a día de cada año en el transcurso durante mi formación en mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por haberme permitido ser parte de esta prestigiosa universidad, a la Facultad de Ciencias Agrarias, escuela profesional de Agronomía, a los docentes quienes me inculcaron valores, y sobre todo conocimientos para mi formación en mi carrera profesional.

A mi Asesor Mgt. Wilbert Mendoza Abarca quien me ha orientado en cada momento de la ejecución de este trabajo de investigación. Al Centro de Investigación en Suelos y Abonos - CISA.

A mis queridos padres Héctor Baca Ampuero Q.E.P.D por todo su apoyo incondicional y haberme motivado bastante en mi formación académica, mi madre María Salome Huamán Cazorla, quien fue el pilar principal, que gracias a su apoyo económico, moral y su gran esfuerzo; pude culminar con éxito mi formación en esta prestigiosa universidad. A mis hermanos Wilder Cristhian Baca Huamán y Héctor Alexandro Baca Huamán y finalmente a mis abuelos Sofía Ampuero Campos y Ángel Quispe Pedraza. Gracias a todos ellos gracias

RESUMEN

El presente trabajo de investigación intitulado “EFECTO DE TRES DOSIS DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE TRES VARIEDADES DE FRESA (*Fragaria ananassa* Duch) EN CENTRO AGRONÓMICO K’AYRA – CUSCO.”, fue realizado entre el 02 de octubre del 2017 al 31 de mayo del 2018.

El objetivo planteado fue determinar si la dosis de solución nutritiva y la variedad influyen en la producción de fresa (*Fragaria ananassa* Duch) bajo un sistema de cultivo hidropónico en el Centro Agronómico K’ayra – Cusco.

Fueron evaluados dos factores: dosis de solución nutritiva La Molina y variedad de fresa, con tres niveles cada uno, la combinación dio como resultado 9 tratamientos, los cuales fueron distribuidos en el campo experimental según el diseño estadístico de Bloques Completamente al Azar, utilizando 4 bloques y 4 repeticiones, dando un total de 36 unidades experimentales. Los resultados fueron procesados utilizando el análisis de varianza y la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95% y 99%.

El rendimiento de la fresa se ve influenciado por la dosis de solución nutritiva y la variedad utilizada; para peso fresco de fruto por planta y número de frutos por planta, la dosis de 7 ml solución A + 3 ml solución B/l de agua y la variedad San Andreas obtuvieron mejores resultados.

La dosis de la solución nutritiva y la variedad influyen sobre las características agronómicas, para diámetro polar de fruto, altura de planta y longitud de raíces; la dosis de 5 ml solución A + 2 ml solución B/l de agua y la variedad San Andreas muestran mayor diámetro de fruto, la dosis 5 ml solución A + 2 ml solución B/l de agua y la variedad Oso Negro presenta mayor altura de planta y la dosis 7 ml solución A + 3 ml solución B/l de agua y la variedad Oso Negro tiene la mayor longitud de raíz.

INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria ananassa* Duch) es una especie ampliamente aceptada a nivel nacional por sus frutos agradables y nutritivos, para ser consumido en forma directa como fruta fresca o ser transformada por la agroindustria principalmente como mermelada. Según estadísticas del Ministerio de Agricultura y Riego para el año 2018 se cosecharon 1,453 ha de fresa a nivel nacional de los cuales 1,341 ha (92.3%) corresponde a la región Lima, las regiones más cercanas como Apurímac y Arequipa presentan superficies mínimas de 30 y 36 ha respectivamente, en las estadísticas mencionadas no existe registro para la región Cusco.

La hidroponía es el conjunto de técnicas que permite cultivar plantas sin utilizar el suelo como medio de sostén y aporte de nutrientes, en este sistema el crecimiento vegetal es posible debido al suministro de nutrientes minerales a través del agua. Esta técnica ha demostrado en los últimos años, que es posible obtener productos vegetales especialmente hortícolas, de excelente calidad y sanidad, permitiendo un uso más eficiente del agua y los nutrientes.

En la región Cusco es posible implementar el cultivo hidropónico de la fresa, puesto que la Universidad Nacional Agraria La Molina produce en forma comercial soluciones nutritivas para cultivos hidropónicos los cuales están disponibles y pueden ser adquiridos, los demás materiales y equipos como son tuberías y bombas impulsoras están también disponibles en el mercado local.

Para difundir la hidroponía en el cultivo de fresa es necesario investigar bajo condiciones de la región, la dosis adecuada de la solución nutritiva La Molina, puesto que este factor determina en gran medida la producción del cultivo, por permitir la nutrición adecuada de las plantas, es también importante determinar que variedades de fresa se adaptan mejor al sistema de hidroponía y a las condiciones locales.

El autor

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema objeto de investigación

Según el IV Censo Nacional Agropecuario – 2012 a nivel nacional existen 1'389,823 productores agropecuarios del cuales 1,580 productores se dedican al cultivo de fresa es decir el 0.11%, por otra parte la superficie cultivada a nivel nacional es de 1'912,989 ha de los cuales solamente 2,188 ha corresponde a la fresa manteniéndose la incidencia del 0.11%.

Según el mismo Censo en la región Cusco de 132,241 productores agropecuarios únicamente 47 productores se dedican al cultivo de fresa es decir el 0.036%, igualmente de 122,031 ha cultivadas solamente existe 9.58 ha dedicadas al cultivo de fresa, es decir el 0.0078%. En los registros del Ministerio de Agricultura y Riego no existe información para la región Cusco, según estos registros existe producción solamente en las regiones de Lima, Apurímac, Arequipa, Huánuco, La Libertad y Pasco.

Para resolver el problema anterior, existen varias alternativas viables, entre ellas esta desarrollar técnicas de cultivo adaptadas a la región, que permita obtener rendimiento y calidad elevada y poder competir en igualdad de condiciones con productores de otras regiones del país, especialmente de Lima, razón por la cual es necesario investigar temas importantes como: variedades comerciales de fresa adaptadas a la zona, cultivos hidropónicos y dentro de este tema dosis de soluciones nutritivas y sistemas hidropónicos como la técnica NFT (Nutrient Film Technique), entre otros factores. Motivo por el cual se plantean las siguientes preguntas de investigación:

1.2. Planteamiento del problema

Problema general

¿Cuál es el efecto de tres dosis de soluciones nutritivas en la producción de tres variedades de fresa (*Fragaria ananassa Duch*) bajo un sistema de cultivo hidropónico en el Centro Agronómico K'ayra – Cusco?

Problemas específicos

- 1.2.1. ¿La dosis de soluciones nutritivas y las variedades utilizadas influyen en el rendimiento de la fresa producida bajo un sistema de cultivo hidropónico en el Centro Agronómico K'ayra – Cusco?
- 1.2.2. ¿La dosis de soluciones nutritivas y las variedades utilizadas influyen en las características agronómicas: diámetro de fruto, altura de planta y longitud de raíz de la fresa, producida bajo un sistema de cultivo hidropónico en el Centro Agronómico K'ayra – Cusco?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivo general

Determinar si la interacción de la dosis de solución nutritiva y la variedad influyen en la producción de fresa (*Fragaria ananassa Duch*) bajo un sistema de cultivo hidropónico en el Centro Agronómico K'ayra – Cusco.

2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1. Determinar el rendimiento: peso fresco del fruto, número de frutos por planta, peso fresco de residuos de cosecha y peso seco de residuos de cosecha, por efecto de tres dosis de soluciones nutritivas en tres variedades de fresa.
- 2.2.2. Determinar el comportamiento agronómico: diámetro del fruto, altura de planta y longitud de la raíz, por efecto de tres dosis de soluciones nutritivas en tres variedades de fresa.

2.3. Justificación

Determinar que dosis de solución nutritiva y que variedad, permite obtener el mejor rendimiento de fresa producida bajo un sistema hidropónico, es muy importante, puesto que el rendimiento determina el nivel de rentabilidad que tiene el cultivo y como es lógico un cultivo de alta rentabilidad mejora el nivel socioeconómico de los productores dedicados a esta actividad e incentiva el incremento en la superficie cultivada y en el número de productores.

Los frutos de fresa de mayor diámetro obtiene mejores precios en el mercado puesto que son un indicador de calidad, mientras que la altura de planta y la longitud de raíces son características agronómicas importantes puesto que mayor altura de planta permite follaje más desarrollado y mejor preparado para la fotosíntesis y un mayor sistema radicular incrementa la absorción de nutrientes y agua y con ello mejor el rendimiento del cultivo, razón por la cual investigar sobre la dosis de solución nutritiva y la variedad cultivada es muy importante.

III.HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

La dosis de solución nutritiva de 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua y la variedad oso negro permiten obtener: peso fresco de fruto, número de frutos por planta, peso fresco de residuos de cosecha y peso seco de residuos de cosecha más altos, de la fresa conducida bajo un sistema hidropónico, debido a que la variedad oso negro esta mejor adaptado a las condiciones locales y la dosis más alta de solución nutritiva suministra una mayor cantidad de nutrientes al cultivo.

3.2. Hipótesis específicos

- 3.2.1. El rendimiento de la fresa cultivada bajo un sistema de cultivo hidropónico se incrementa cuando se utiliza la variedad oso negro y la solución nutritiva de 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua.
- 3.2.2. Al menos una dosis de solución nutritiva y variedad utilizada en la producción de fresa bajo un sistema de cultivo hidropónico permite obtener frutos de mayor diámetro, plantas altas y de gran longitud radicular.

IV.MARCO TEÓRICO

4.1. Cultivo de la fresa

4.1.1. Origen y distribución.

El origen de la fresa no está claramente definida existen autores que mencionan origen europeo y otros indican origen americano, así tenemos por ejemplo: según el Ministerio de Agricultura y Riego el origen de la fresa es europeo, de la región alpina, menciona también que en el siglo XVIII se descubrió en Chile una fresa más grande, conocida como fresón y que comúnmente se siembra en todo el mundo por su alto rendimiento. **(Ministerio de Agricultura y Riego, 2008)**

Mientras que para los autores Lavin y Maureira la fresa es un cultivo originario del continente americano y específicamente de sur de Chile, Argentina, California y Alaska, naturalmente distribuida en las costas occidentales de Norteamérica, desde California hasta la península Aleutiana y se le conoce como fresa de playa. En Sudamérica crece en Chile, desde Santiago y el sur de Argentina. En Chile existen dos tipos de fresa: una de frutos grandes y de color rosado-blanquecino y otra de frutos pequeños y rojos que crece en forma silvestre. **(Lavín & Maureira, 2004).**

Antes del descubrimiento de América, en Europa se cultivaban principalmente las especies, *Fragaria vesca* y *Fragaria alpina*, de tamaño pequeño pero de excelente calidad organoléptica; con el descubrimiento de América se encontraron dos nuevas especies de mayor tamaño, una en Chile, *Fragaria chiloensis* y otra en Estados Unidos, *Fragaria virginiana*, que por su tamaño, se les llamó fresones, posteriormente fueron llevados a Europa e hibridadas; actualmente estas fresas o fresones dominan el mercado y son producto de una serie de cruces. **(Maroto & Galazar, 1988)**

Las primeras noticias fidedignas que se tiene son de la época romana; algunos escritores como Cato (239-149 a. c), Virgilio (70 – 19 a. c.), Ovidio y Plinio, citaron a las fresas como plantas muy apreciadas por el sabor y la fragancia de sus frutos y algunos autores piensan que ya entonces eran cultivadas en los huertos familiares. **(Folqué, 1986)**

4.1.2. Posición taxonómica.

Según Cronquist, A. (1987). La clasificación filogenética de la fresa es como sigue:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Género:	Fragaria
Especie:	<i>Fragaria ananassa</i> Duch

4.1.3. Especies del genero *Fragaria*.

Se llegó a describir más de 45 especies sin embargo según últimas investigaciones relacionadas con la constitución cromosómica, permitieron reducir a 11 el número de especies válidas, todas las cuales poseen una estructura genética común con genomios de 7 cromosomas. Las 11 especies reconocidas fueron agrupadas por el número de cromosomas de sus células somáticas (2n) y su distribución geográfica. (Folqué, 1986)

Tabla 1: *Especies del género Fragaria y su centro de origen*

ESPECIES	Centro de Origen
I.- Diploides (2n=14):	
1.- <i>Fragaria daltoniana</i> J. Gay	Asia (Himalaya)
2.- <i>Fragaria nilgerrensis</i> Schlect	Sur Este asiático
3.- <i>Fragaria nubicola</i> Lindl ex Lacaita	Sur Asia
4.- <i>Fragaria vesca</i> L	Europa, Norte de Asia, Norte América
5.- <i>Fragaria viridis</i> Duch.	Europa Central
II. Tetraploides (2n=42):	
6.- <i>Fragaria moupinensis</i> (Franch), Card	Centro -Este de Asia.
7.- <i>Fragaria orientalis</i> Losinsk	Centro -Este de Asia.
III. Hexaploides (2n=42):	
8.- <i>Fragaria moschata</i> Duch	Europa Central
IV. Octaploides (2n=56):	
9.- <i>Fragaria chiloensis</i> (L) Duch	Sur de Chile, Argentina, California, Alaska
10.- <i>Fragaria ovalis</i> (Lehm) Rudb	Oeste de América del Norte
11.- <i>Fragaria virginiana</i> Duch	Este de América del Norte

Fuente: Folquer (1986) y Maroto y Galazar (1988).

4.1.4. Descripción Morfológica

4.1.4.1. Raíz.

El sistema radicular de la fresa proveniente de esqueje es fasciculado, las raíces de mayor diámetro presentan cambium vascular; mientras que las raíces más delgadas conocidas como raicillas no presentan la estructura mencionada y sufren un proceso de renovación fisiológica. La profundidad del sistema radicular promedio es de 40 cm, el 90% del sistema radicular se ubica en los primeros 25 cm. **(Patiño, Garcia, Barrera, Quejada, Rodriguez, & Arroyave, 2014)**

El sistema radicular de una planta de fresa originada de semilla sexual, presenta raíz principal pivotante blanca y muy delgada, el cual se ramifica lentamente, mientras que las plantas que se originan por división de coronas o estolones, se desarrollan con mayor rapidez, formando una cabellera muy ramificada, que en pocos meses llega a producir de 20 a 100 raíces primarias y miles de raíces secundarias, las que forman un sistema radicular muy ramificado. **(Folquér, 1986)**

4.1.4.2. Tallo o corona.

El tallo está constituido por un eje corto de forma cónica llamado corona, en el que se observan numerosas escamas foliares. La corona se alarga lentamente formándose entre nudos muy cortos donde se insertan las hojas y yemas axilares. La corona presenta un tejido conductor periférico, dispuesto en espiral en ambos sentidos uniendo así las hojas, las que también se disponen en forma helicoidal. La corona original se ramifica originando de 8 a 10 coronas secundarias. **(Branzanti, 1989).**

4.1.4.3. Estolones o tallos rastreros.

El estolón es un brote largo delgado rastrero, se forma a partir de las yemas axilares de las hojas situadas en la base de la corona. Los estolones son epigeos, de tamaño y longitud variables según sea las condiciones de cultivo y variedad. El primer nudo del estolón es estéril, es decir la yema cubierta por una escama se mantiene en estado de vida latente, pero a veces puede dar origen a otro estolón generalmente más delgado que el anterior. En el nudo terminal del estolón, se forma una roseta de hojas que en contacto con el suelo emite de la cara ventral raíces que originan una nueva planta con idénticos caracteres que la planta madre. **(Branzanti, 1989)**

Las condiciones ambientales requeridas para la emisión de estolones son diferentes para los grandes grupos de variedades:

- Las reflorescentes, prefieren condiciones de día corto y temperatura moderada, cuyos nudos fértiles simultáneamente producen flores y nuevos estolones.
- Las no reflorescentes o estándar, prefieren condiciones de día largo y temperaturas elevadas, produciéndose la floración cuando se atenúa o paraliza la emisión de estolones. **(Folqué, 1986)**

4.1.4.4. Hojas.

La hoja de la fresa es de tipo compuesto, en ella se distinguen: la vaina, que envuelve parcialmente el tallo con dos estipulas puntiagudas, frecuentemente rojizas, el peciolo pubescente con una longitud de 3 a 20 cm y la lámina foliar o limbo formado por tres foliolos levemente pedunculados, de borde aserrado y con el envés finamente pubescente. **(Peralta, 1994)**

La planta de la fresa originada de semilla sexual produce en primer término dos cotiledones redondeadas epigeos, a continuación aparecen dos hojas simples, bi, tri, o penta lobulados. Posteriormente aparecen las hojas compuestas foliadas que constituyen el follaje normal de la planta de fresa. Las hojas aparecen en roseta y se insertan en la corona. Su limbo está dividido en tres foliolos pediculados, de bordes aserrados, tienen un gran número de estomas (300-400/mm²), por lo que pueden perder gran cantidad de agua por transpiración. **(Patiño, Garcia, Barrera, Quejada, Rodriguez, & Arroyave, 2014).**

4.1.4.5. Inflorescencia.

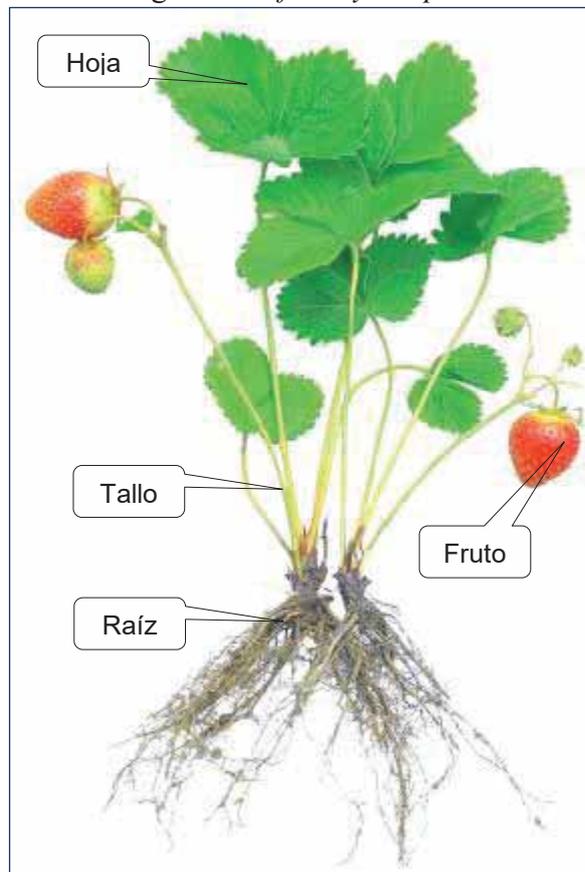
La inflorescencia se puede desarrollar a partir de una yema terminal de la corona, o de yemas axilares de las hojas. La ramificación de la inflorescencia puede ser basal o distal. En el primer caso aparecen varias flores de porte similar, mientras que en el segundo hay una flor terminal o primaria y otras secundarias de menos tamaño.

La flor tiene 5 a 6 pétalos de 20 a 35 estambres y varios cientos de pistilos sobre un receptáculo carnosos. Cada ovulo fecundado da lugar a un fruto de tipo aquenio. El desarrollo de los aquenios, distribuidos por la superficie del receptáculo carnosos, estimula el crecimiento y la coloración de este, dando lugar al fruto de la fresa. **(Peralta, 1994)**

4.1.4.6. Flores.

La fresa es una planta dicotiledónea que tiene flores perfectas (hermafroditas), como también flores imperfectas (unisexuales). Las flores de simetría actinomorfa es decir tienen varios planos de simetría que la dividen a uno y otro lado del plano en proporciones simétricas. Las flores son actinomorfas, dotadas de un involucre bráctea subacalicino, cáliz gamosépalo y pétalos blancos. La polinización suele ser alógama y entomófila. **(Folqué, 1986)**

Imagen 1: *La fresa y sus partes*



Fuente: **(Patiño, García, Barrera, Quejada, Rodríguez, & Arroyave, 2014)**

4.1.4.7. Fruto.

La fresa presenta un falso fruto, denominado botánicamente como eterio, formado por un receptáculo muy desarrollado como consecuencia de la fecundación de los óvulos. El receptáculo hipertrofiado es la parte comestible o fruto hortícola, en el que está insertos los aquenios (pepita), pequeños de color generalmente claro en la parte que está a la sombra y rojizo oscuro en la expuesta al sol. Los aquenios pueden ser por su inserción: superficiales, hundidos o sobresalientes de la pulpa. **(Branzanti, 1989)**

El receptáculo maduro adquiere diversas formas como globos cónicos, cuneiformes y combinados, su color varía del rosado pálido al rojo muy oscuro. El receptáculo caracteriza a cada cultivar, en variedad de gusto, aromas y consistencia. Los aquenios se les llaman comúnmente granos o semillas, son frutos monospermas secos e indehiscentes, de aproximadamente 1 mm de largo. Es el material de propagación por vía sexual. **(Conafrut, 1997)**

4.1.5. Variedades de la fresa.

4.1.5.1. A nivel mundial

A nivel mundial existen más de 1,000 variedades de fresa, resultado de la gran capacidad de hibridación que presenta la especie. Entre las más importantes tenemos: Tudia, Oso grande, Carisma, Cartujo, California Caparrosa. **(Alsina, 1970)**

4.1.5.2. A nivel nacional

En el Perú existen diversas variedades de fresa, las cuales se han introducido de Estados Unidos, Europa y otras regiones del mundo, pero en la actualidad son cinco las más cultivadas: Chandler (Americana), Tajo (Holandesa), Sern (Sancho), Aromas y Camarosa, que son también las que más se comercializan en los mercados de Lima. Para el clima de la costa del Perú se adaptan las variedades de día corto trasplantadas en los meses de abril a mayo, mientras que las de día neutro, pueden ser sembradas durante todo el año, como ocurre con Aromas en la actualidad en Huaral. Para la sierra, en valles interandinos y valles abrigados se recomienda las variedades de día corto. **(Ministerio de Agricultura y Riego, 2008)**

Las variedades comerciales pueden clasificarse según el fotoperiodo así tenemos:

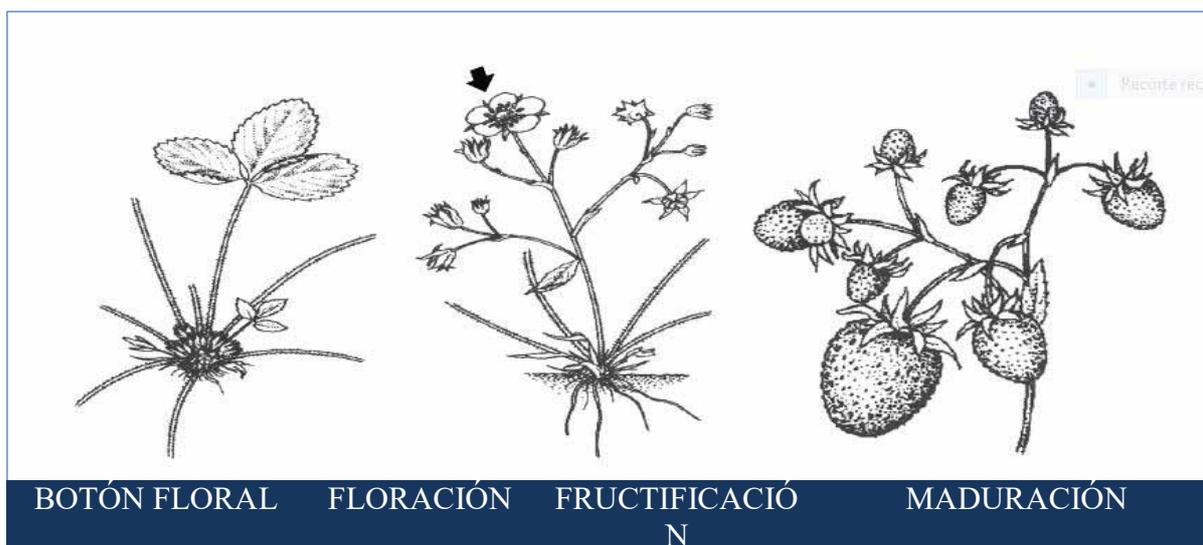
- *Variedades de día corto*: La floración se induce cuando el fotoperiodo es corto (12 horas de luz) y la temperatura fluctúa entre 14 y 18 °C, por lo que se trasplanta generalmente en los meses de abril a mayo.
- *Variedades de día neutro*: El fotoperiodo no influye en la floración; la temperatura o la acumulación de horas frío tampoco induce la floración. Tienen la ventaja de producir en contra estación. no responden a la cantidad de horas de luz (largo del día) y solo necesitan temperaturas del suelo por sobre los 12°C para emitir flores. Su producción es más homogénea a lo largo de la temporada. Responden de manera adecuada a sistemas forzados bajo túneles o invernaderos. **(Morales, 2017)**

En el país las variedades de fresa más difundidas son las siguientes: Chandler, Tajo, Pajaro, Camarosa, Sern, Aromas, Tioga, Douglas, Selva y San Andreas. A continuación se describe dos de las variedades que fueron evaluadas en la presente investigación:

- *Aromas*: De alta productividad, es planta de hábito erecto. Frutos de buen color y calibre muy consistente. Tiene amplio espectro de tolerancia a cambios de temperatura del medio ambiente. Es una variedad de días neutros.
- *San Andreas*: Es una variedad originaria de la universidad de California, de muy buena aptitud para el mercado fresco ya que es la variedad que presenta el mayor tamaño y homogeneidad de frutos, también para agroindustria y congelados, tamaño intermedio de rápido crecimiento vegetativo inicial, por lo que debe ser plantada con temperaturas adecuadas (sobre 12°C en suelo). Plantada con mucho frío presenta exceso de vigor y un periodo vegetativo más largo. Fruto de color rojo externo homogéneo y pulpa más dura. Fruto firme con excelente vida de postcosecha. Densidad de plantación de 62000 plantas/ha, producción por planta de 1300 g/planta. Esta variedad ha presentado mayor resistencia a enfermedades de follaje y suelo. Variedad moderadamente neutra, con mayor precocidad lo que representa una cualidad interesante para producción de frutos bajo cultivo forzado. **(Morales, 2017)**

4.1.6. Fenología de la fresa.

- *Fase de reposo vegetativo*: En esta fase las plantas inician su periodo de descanso. Se manifiesta por la suspensión del periodo productivo, las hojas se tornan de color rojo pardo y se produce el secado de los mismos. Se presenta entre los meses de junio y julio.
- *Fase botonamiento o emergencia de botones florales*: Se manifiesta por la presencia de los primeros botones florales. Se presenta entre los meses de agosto a octubre.
- *Floración*: Se produce la apertura de los botones florales, en forma escalonada.
- *Fructificación*: Formación de frutos debe registrarse en el momento en que los frutos se hacen visibles.
- *Maduración*: Las fresas alcanzan el tamaño y color característicos de la variedad. **(Galazar, 1988)**



BOTÓN FLORAL	FLORACIÓN	FRUCTIFICACIÓN	MADURACIÓN
Aparecen los primeros botones florales.	Apertura de los botones florales.	Los frutos se hacen visibles.	Las fresas alcanzan el tamaño y color característico de su variedad.

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Riego; Ministerio de Ambiente , 2011)

4.1.7. Requerimientos climáticos.

4.1.7.1. Temperatura.

El normal aporte de frío produce rápido crecimiento foliar, normal diferenciación de yemas florales y escasa emisión de estolones; generando plantas muy equilibradas con gran potencial de producción. Las plantas entran en latencia con temperaturas entre 0° y 7°C. En este período se produce una acumulación de reservas en forma de hidratos de carbono en la corona y las raíces principales. En general ocurre desde fines de otoño e invierno, se caracteriza por el pequeño tamaño de las hojas, que toman un color rojizo-violáceo.

Para romper la latencia, en la mayoría de los casos se debe agregar algunas horas de frío en cámaras frigoríficas (entre 2 y 5°C) por unos días antes de la plantación, y esto debe sumarse a las obtenidas antes en el vivero. A mayor cantidad de frío, mayor cantidad de yemas vegetativas. El número de horas de frío necesarias para lograr desarrollo y buenos rendimientos, es diferente para cada variedad. En general, los requerimientos van de 380 a 700 horas acumuladas de temperaturas entre 0 y 7°C, temprano en otoño. (Morales, 2017)

Las raíces se desarrollan mejor con temperaturas mayores a 12°C en el suelo. Esta se puede manejar con el uso de mulch y condiciones de humedad adecuadas. Si en primavera la temperatura del suelo es inferior, se inhibe la aparición de raíces absorbentes. Los

requerimientos promedio de temperatura para el cultivo de fresa son: Para iniciar la vegetación: 8 – 15°C, para iniciar la floración: 15 – 18°C y para la maduración de la fruta: 18- 23°C. **(Galazar, 1988)**

Una planta de vivero, producida en una zona en que ha obtenido su latencia en el campo, crecerá vigorosamente en forma inmediata, si se le traslada a un área templada. En lugares de clima benigno, la planta puede crecer y producir fruta durante casi todo el año, pero necesitará frío para acumular reservas o no podrá seguir produciendo. El almacenamiento de almidón en la corona se produce con temperaturas bajo 7°C. **(Morales, 2017)**

4.1.7.2. Fotoperiodo.

Este factor influye en la formación de yemas florales, crecimiento vegetativo, desarrollo de estolones, tamaño de hojas y longitud de su pecíolo, cantidad y calidad de frutos. Se considera días largos a días con más de 12 horas de luz, estas condiciones favorecen el crecimiento de yemas asexuales o vegetativas; es decir, el desarrollo de hojas y estolones. Estos últimos inician su emisión con 12 a 14 horas de luz y disminuyen con menos de 10 horas. El área foliar y extensión del pecíolo aumenta con el largo del día, siendo mayor a fines de primavera y disminuyendo a inicios de otoño. Mientras que se considera días cortos a los días que tienen entre 8 a 11 horas de luz al día, esta condición favorece el crecimiento de yemas sexuales o fructíferas. **(Vásquez, 1997)**

El fotoperiodo se encuentra estrechamente relacionado con la temperatura en el caso de variedades de días cortos puesto que a medida que disminuye la temperatura se requiere mayor fotoperiodo para lograr máxima floración. No es el caso de las variedades de día neutro, que solo responden a la temperatura. Se tiene también que las bajas temperaturas de otoño, junto a fotoperiodos cortos (menores de 12 horas luz), inducen a la formación de yemas florales, desarrollo de corona y reducción de tamaño de las hojas. En cambio, temperaturas por sobre 32°C inducen al aborto floral y disminución de la floración. **(Morales, 2017)**

4.1.7.3. Suelo.

Los suelos más adecuados para el cultivo de la fresa son los de textura franco y franco arenoso, con buen drenaje, profundidad mayor a 80 cm. En suelos livianos la temperatura

aumenta fácilmente, por lo que la producción de fruta se anticipa; en cambio en suelo arcilloso y con menos contenido de aire la temperatura es más baja y la fructificación es más tardía. Requieren terrenos planos o pendientes suaves, óptimo es la exposición norte – oriente, con fertilidad media a alta y contenidos de materia orgánica entre 3% a 7%. Preferir suelos usados en rotación con avena o pradera natural, evitar usar aquellos en los que previamente se cultivó fresa, tomate, papa, ají, pimentón, melón, sandía y/o zapallo. **(Morales, 2017)**

La fresa crece mejor en terrenos sueltos y aquellos que tienen textura arcillosa deben estar bien drenados, pues la planta de fresa es muy sensible a los encharcamientos. Las plantas de fresa son muy sensibles a la salinidad de suelos y aguas. El pH óptimo se establece entre 5.5 y 6.5. **(Maroto & Galazar, 1988)**

4.1.7.4. Agua.

La fresa es un cultivo muy exigente en agua, una buena disponibilidad de este recurso representa la base necesaria para un cultivo rentable, en zonas donde las lluvias son insuficientes o mal distribuidas con relación al ciclo de la planta. Se considera que la planta de fresa tiene un consumo hídrico de 400 – 600 mm anuales, cifra muy semejante a la de un cultivo de melón que extrae agua de una capa de suelo de unos 100 cm de espesor, mientras que la fresa tiene la mayor parte de sus raíces en la zona superficial y adsorbe la mayor parte de sus necesidades de agua de los primeros 30 - 40 cm de profundidad.

La fresa es un cultivo que requiere un abastecimiento hídrico constante en primavera y verano. La calidad del agua es fundamental, ya que la planta de fresa es muy sensible a elementos químicos. El agua no debe tener conductividad eléctrica mayor a 0,8 dS/m (decisiemens por metro, energía que requiere la planta para obtener el agua del suelo: a mayor valor exige mayor esfuerzo por parte de la planta para extraer el agua, afectando a la producción final), para permitir una alta producción y evitar problemas por presencia de sodio, calcio, boro o cloruros que afectan el desarrollo de la planta, la firmeza y tamaño del fruto. **(Morales, 2017)**

4.1.8. Propagación de la fresa.

La propagación por vía asexual es la más frecuente en el producción comercial de fresa, por el inconveniente de que en la reproducción sexual la obtención de plántulas es con

características no homogéneas generalmente distintas a la planta madre, la reproducción por semilla, no obstante, se utiliza en los trabajos de mejoramiento genético. **(Branzanti, 1989)**

La planta de fresa es perenne, como cultivo se considera anual, o sea que se renueva todos los años. Su sistema de crecimiento y formación de nuevas coronas y estolones, permite una propagación vegetativa rápida y segura. Si se utilizan las coronas, se arrancan plantas de 6 meses o más y se dividen en secciones. De una sola planta se puede obtener entre 5 a 6 plantas hijas y se debe procurar que cada sección tenga su propia raíz. La forma más corriente de propagar este cultivo es por medio de estolones. Utilizando este sistema, con un buen material como planta madre y sembrando en la época adecuada, de una sola planta se puede obtener hasta 100 plantas hijas. La reproducción asexual favorece el enraizamiento de partes de la planta seleccionada por diversos métodos: división de la corona, por estolones y por cultivo de ápices caulinares in-vitro. **(Folquér, 1986)**

4.1.8.1. Propagación por estolones.

Los estolones son separados de la planta madre en cuanto hayan formado raíces. Por lo general una planta de fresa del año, emite 3 a 5 vástagos o hijuelos. Los tallos rastreros que parten de la región del cuello de la planta madre corren al nivel del suelo llamados estolones y son separados de la planta madre en cuanto hayan formado raíces.

Para una intensa producción de estolones las plantas seleccionadas deben tener las características deseadas de estado sanitario y autenticidad varietal, el terreno debe ser fértil y de textura arenoso turboso. De modo que el enraizamiento de las plántulas sea más fácil, los estolones tienden a desarrollar el sistema radicular cuando la planta madre está sometido a una deficiencia hídrica. Por lo general una planta de fresa de un año, emite 3 a 5 vástagos o hijuelos. **(Montes, 1989)**

4.1.8.2. Propagación por división de corona o división de matas.

Este sistema consiste en dividir las plantas adultas llamadas también matas, en muchas aisladas que comprende por lo menos un tallo con sus hojas y yemas y facultativamente algunas raíces, cada uno de estos tallos constituirá un gajo que plantado emitirá a los 15 o 20 días numerosas raíces adventicias. Este tipo de propagación se limita a variedades que no estolonizan o lo hacen escasamente. **(Montes, 1989)**

La fresa se propaga comúnmente por vía vegetativa, utilizando hijuelos que resultan de dividirse la mata o bien plantas que proviene de estolones. En zonas templadas, la fresa es típicamente estolonífera o sea que emite unos tallos alargados llamados estolones que en cada segundo nudo forman un brote, que con adecuada humedad del suelo, enraíza formando una planta. Cuando no es posible, la formación de estolones, se recurre al sistema de dividir la mata de la campaña anterior, la que está constituida por hijuelos o vástagos que son modificaciones del estolón típico. Cada mata produce un promedio de 5 a 6 hijuelos. Antes de la división, las matas deben haber sido agostadas durante un mes, una vez extraídas se separan los hijuelos a los cuales se les elimina la tierra que rodea a las raíces y todas las hojas secas o afectadas por algún hongo. **(Franciosi, 1980)**

4.1.9. Plantación de la fresa.

4.1.9.1. Recomendaciones generales para la plantación de la fresa.

Para la plantación de fresa se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones generales:

- Las plantas de fresa que son llevados al campo, deben ser defoliadas para contrarrestar las horas de insolación.
- Al momento de la plantación el terreno debe tener humedad apropiada, las plantas deben ser puestas en la parte alta del camellón, en hoyos individuales y a distanciamientos adecuados.
- La profundidad del hoyo debe ser lo suficiente para conservar la verticalidad de las raíces sin tener que doblarlas.
- Se debe tomar en cuenta el nivel de la planta, para que las plántulas de fresa no queden ni muy profundas, ni muy superficiales.
- Se deben presionar los contornos de la plántula para evitar vacío alrededor de las raíces.
- Tan pronto se haya completado la plantación se debe proceder a un riego. **(Conafrut, 1997)**

4.1.9.2. Época de plantación.

- *Plantación en verano:* En otros países como Chile y Argentina la plantación debe realizarse en los meses de verano (diciembre a marzo). Estas plantas crecen

rápidamente en el campo, aprovechando el calor de verano, llegando a los meses de invierno con gran desarrollo y en situación de ventaja con aquellas que recién se planten en otoño. **(Conafrut, 1986)**.

— *Plantación de otoño – invierno*: Se realiza utilizando plantas o por división de matas. Pero se ha demostrado la conveniencia de proporcionar horas de frío, lo que trae aumento en el vigor y precocidad de producción más temprano en relación con la plantación de verano aunque con menor productividad. En cada localidad donde se cultiva la fresa, existe la necesidad de hacer pruebas de validación de épocas de plantación. **(Folquér, 1986)**

4.1.9.3. Densidad de la plantación.

Las características de siembra son específicas según las variedades de fresa. Se recomienda sembrar en eras de 0.70 m de ancho, en las que se colocan 2 hileras de plantas separadas a 0.35 m entre sí y a 0.30 m entre plantas; las eras deben estar separadas entre sí por un pasillo de 0.35 m. La altura mínima de la era es de 0.40 m. Las eras no deben sobrepasar los 40 m de largo para facilitar el movimiento del personal durante las aplicaciones y cosechas. Las distancias de siembra pueden variar conforme las variedades de fresa y las condiciones agroclimáticas de la zona. **(Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura , 2017)**

La densidad de cultivo de fresa está en relación con la fertilidad del suelo, cultivar utilizado, época de plantación, estructura de explotación y destino de la cosecha. Las densidades de plantación fluctúan entre 74,000 a 120,000 plantas por hectárea. **(Conafrut, 1997)**

La densidad media de plantación es de 60,000 plantas /ha, colocadas sobre surcos equidistantes 50 – 60 cm o bien sobre bancos de dos hileras equidistantes 1,00 – 1,20 m. en cualquier de los dos casos la distancia entre plantas suele ser de 30 cm. **(Maroto & Galazar, 1988)**

4.1.10. Prácticas culturales.

4.1.10.1. Preparación del terreno.

El cultivo de la frutilla requiere una adecuada preparación de suelo, que otorgue las condiciones favorables para el desarrollo de las raíces, circulación de agua y de aire,

mejorar la capacidad de retención de la humedad del suelo y drenaje. En la preparación de suelo se deben considerar las distintas acciones físicas de manipulación para modificar las características del terreno, que afectan el desarrollo de la planta y la promoción del uso de métodos agroecológicos para conservar la biodiversidad en el sistema productivo. **(Morales, 2017)**

4.1.10.2. Desinfección de suelos.

El suelo desde el punto de vista biológico es una fuente de infestación de plagas y enfermedades para el cultivo, por la presencia de hongos patógenos, nemátodos, parásitos, ácaros y malas hierbas; razón por la cual es necesario la técnica de desinfección del suelo antes de plantación el cual consiste en la aplicación directa al suelo de un agente biocida de naturaleza física o química, con el que se eliminan total o parcialmente los agentes negativos antes mencionados. **(Jusca, 1977).**

4.1.10.3. Solarización

La solarización consiste en cubrir la superficie a desinfectar una vez mullido y regado el terreno hasta su capacidad de campo durante 30 días o más en la estación de máximas temperaturas. La solarización provoca una reducción de la población de hongos del suelo y de la incidencia de enfermedades que provocan, así mismo, actúa sobre insectos que habitan las capas altas del suelo. Entre los hongos patógenos controlados por esta técnica se tiene: *Verticilium sp.*, *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium ultimum*, *Pyrenochaeta lycopersici* y *Phytophthora cinnamomi*; no obstante, las poblaciones de *Pythium* se ven menos castigadas que con la fumigación con bromuro de metilo. **(Jusca, 1977)**

4.1.10.4. Recalce

Es una labor que se realiza para reemplazar a las plantas que no han prendido, y de esta manera uniformizar la densidad de la plantación. El momento oportuno para realizar esta labor es a los 20 días de la plantación. **(Folquér, 1986)**

4.1.10.5. Deshierbo

Esta práctica cultural es crítica, se recomienda mantener el campo limpio permanentemente. Esto se hace con mucho cuidado, tratando de no maltratar a las plantas de fresa. De preferencia se recomienda deshierbar los primeros tres o cuatro días luego del

riego, los que facilitan la extracción de malezas. Tiene un costo elevado de mano de obra, por lo que se requiere encontrar formas de protección por ejemplo Mulch. (Conafrut, 1997)

4.1.10.6. Fertilización

La fertilización en cualquier cultivo es un problema de por si complejo, en el cual existen tres datos fundamentales para su racionalización. Por una parte el conocimiento de la cantidad de los diversos elementos nutritivos extraídos por el cultivo que, aunque no es un índice suficiente de la cantidad necesaria a aportar y que puede ser muy variable según el cultivar utilizado. Por otro lado resulta primordial, sobre todo en plantas de ciclo largo, conocer en forma aproximada la variación en el tiempo del ritmo de absorción de nutrientes y por último, el análisis del suelo.

La fresa es una planta exigente en materia orgánica, por lo que es conveniente el aporte del estiércol alrededor de 3 Kg/m², además debe estar muy descompuesto para evitar favorecer el desarrollo de las enfermedades y se enterrara con las labores de preparación del terreno. El análisis químico, es importante especialmente cuando se va a trabajar en zonas nuevas de cultivo, evalúa las principales carencias y sitúa al agricultor en condiciones de proceder al abonado de plantación. (Maroto & Galazar, 1988)

Cada elemento cumple un rol en la planta, la importancia de algunos macro nutrientes sobre el cultivo de fresa se detallan a continuación:

- *Nitrógeno*: la importancia de este elemento se debe a lo siguiente: aumenta vigor de la planta, la producción de estolones, mayor número y actividad de raíces. Mejora la acumulación de reservas para la siguiente temporada. Los problemas de exceso de nitrógeno son: exceso de crecimiento vegetativo y menor rendimiento. Frutos blandos y mala postcosecha. Mayor sombreado y presencia de malezas, ataque de plagas y enfermedades. Mientras que los problemas por déficit son: Hojas tienden a ser pequeñas y de color verde pálido o amarillento.
- *Fósforo*: la importancia se debe: Mejora el crecimiento de raíces, la floración, la defensa contra ataque de enfermedades y plagas. Aumenta la acumulación de reservas para la siguiente temporada. Los problemas por exceso son: Se inducen deficiencias de zinc (Zn). Al usar mulch orgánico (paja, aserrín, corteza u otros) puede generar menor disponibilidad de N (mayor actividad de la biomasa del suelo

que fija nutriente), mientras que los problemas por deficiencia son: Menor enraizamiento y acortamiento del ciclo productivo.

- *Potasio*: la importancia se debe a mejora el vigor de la planta, calibre, sabor y firmeza de frutos. Mayor rendimiento. Aumenta la eficiencia en el uso del agua y resistencia a condiciones de estrés por falta de agua. Aumenta la resistencia al exceso de frío invernal. Aumenta la resistencia a enfermedades y plagas. Los problemas por exceso son: Se pueden inducir deficiencias de magnesio (Mg) y calcio (Ca). Partidura en el fruto en suelos con inadecuado manejo del agua (muchas variaciones en la temporada), mientras que los problemas por déficit son: Reduce la cuaja y la productividad. **(Patiño, Garcia, Barrera, Quejada, Rodriguez, & Arroyave, 2014)**

4.1.11. Plagas de la fresa.

4.1.11.1. Arañita roja.

- *Especie*: *Tetranychus urticae*
- *Morfología*: la arañita es de cuerpo globoso y anaranjado en estado adulto, es una de las plagas más graves de la fresa. Inverna en las plantas espontaneas o en hojas viejas de la fresa para atacar a las hojas jóvenes con la llegada del calor.
- *Daños*: Las hojas se decoloran cerca de las nervaduras centrales debido a la erosión causada por las larvas que se protegen extendiendo una telaraña fina.
- *Control*: Cultural: eliminación de árboles secos y residuos de podas. Humedecer caminos y retirar residuos de cosecha. Biológico: aplicación de productos orgánicos ajo ají, sustancia con efecto repelente y asfixiante. Químico: aplicación de acaricidas de categoría toxicológicas III. **(Vilca, 1990)**

4.1.11.2. Cortadores de tallo.

- *Especies importantes*: *Prodenia Sp.* y *Spodoptera Sp.*
- *Importancia*: es una plaga que casi siempre aparece en la primera etapa de crecimiento, cuando las plantas están formando las primeras hojas. No se puede prevenir, pero se debe revisar constantemente el cultivo para detectar si hay hojas cortadas e inmediatamente, hacer aplicaciones de insecticidas. A veces aparecen en el momento de la cosecha.

- *Daños:* cortan racimos y muerden las frutas, que están en contacto con el suelo. Hojas rojizas; al tocar la planta se encuentra floja o sin raíces. Larvas capaces de cortar las raíces hasta el inicio de las coronas.
- *Control:* Para el control de la plaga si no hay cosecha, puede usarse productos como carbaril. Si el ataque es en la cosecha, hay que guardar las restricciones en el tiempo de espera y usar productos como *Bacillus thuringiensis* o bien sebos con algún insecticida. Cultural: preparación anticipada del suelo para exponer larvas y huevos al sol. Rotación de cultivos. Inoculación de microorganismos benéficos (*Beauveria Bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y la bacteria *Bacillus popilliae* entre otros) al suelo para el control de esta plaga. (Patiño, Garcia, Barrera, Quejada, Rodriguez, & Arroyave, 2014)

4.1.12. Enfermedades de la fresa.

4.1.12.1. Pudrición gris (*Botrytis cinerea*).

- *Descripción:* es la principal enfermedad de la fresa. Puede atacar a cualquier zona, siendo las flores y frutos los más susceptibles, manifestándose como una pudrición blanda del fruto, con presencia de micelio y conidias de color plumizo; los que caracterizan a la enfermedad. El desarrollo del hongo ocurre con temperaturas desde los 0°C. Se inicia a salida de invierno, con la germinación de los esclerocios (micelio compactado de color negro) o restos de micelio y conidias que permanecen en residuos infectados de fresa u otras especies susceptibles. El crecimiento vegetativo genera rápidamente estructuras reproductivas conocidas como conidióforos, las que emiten numerosas conidias que son diseminadas por el viento o por gotas de lluvia. La inoculación ocurre en los estigmas de las flores abiertas, pétalos o restos de flores senescentes y frutos. Si las condiciones son apropiadas (presencia de agua y temperaturas mayores a 15 °C), las conidias germinan y el micelio crece dentro de los tejidos, secreta enzimas y produce una pudrición blanda. Luego, el micelio emerge sobre el fruto y genera nuevos conidióforos y conidias, los que seguirán infectando nuevas flores y frutos. El hongo puede vivir como saprófito en tejidos en descomposición, aumentando aún más el nivel de inóculo en el ambiente. Al final de la temporada, el micelio del hongo se agrega en estructuras compactas y de color negro llamadas esclerocios, las cuales resisten el invierno. (Morales, 2017)

- *Síntomas*: los principales síntomas son la pudrición gris del fruto, acompañada de ablandamiento y secreción de jugo. Esta pudrición blanda va acompañada de ligeros cambios de color del fruto infectado, los que se tornan de color rojo opaco y que terminan por cubrirse con una masa de micelio y conidias de color plomo oscuro. En las hojas y flores se observan masas de micelio y conidias plumizas sobre los tejidos. En los tallos se observan lesiones plumizas que forman anillos concéntricos, en infecciones severas se producen esclerocios de color negro insertos en el peciolo. (Agrios, 1996)
- *Control*: Realizar establecimiento de huertos respetando las distancias de plantación para lograr una suficiente aireación y favorecer el secado del follaje. Aplicaciones moderadas de nitrógeno, ya que el exceso del elemento promueve tejidos suculentos que facilitan el ingreso del hongo al interior de la planta, Uso de calcio foliar para aumentar la resistencia a los ataques del hongo. Eliminar tejido viejo, frutos enfermos y restos de plantas, ayuda a disminuir las fuentes de inóculo del hongo. Control químico al momento de la floración, después de lluvias y temperatura mayores a 15°C, rotando ingredientes activos para no generar resistencia y siempre que se encuentren registrados y autorizados para el cultivo. El control biológico es otra opción, con productos sobre la base de *Bacillus subtilis* o *Trichoderma*, pero se deben anticipar a la aparición de síntomas. Se pueden aplicar durante primavera con las precauciones de no exponer a la radiación solar directa por un tiempo prolongado ni aplicar con altas temperaturas. Los extractos de cítricos pueden controlar focos incipientes de la enfermedad y son un buen complemento, sobre todo cerca de la cosecha. Es preciso no aplicarlo en exceso, porque puede resultar fitotóxico para la planta. También existen en el mercado botriticidas sobre la base de extractos de plantas, los cuales pueden complementar los productos anteriores. (Morales, 2017)

4.1.12.2. Oídio (*Sphaerotheca macularis* f. *sp. fragariae*)

- *Descripción*: el oídio es una de las enfermedades más comunes, difundidas y fáciles de reconocer en las plantaciones de frutilla. Este patógeno produce micelio que solo crece sobre la superficie de las plantas, pero sin invadir su interior. Los nutrientes los obtiene a través de órganos especializados de absorción de nutrientes (haustorios) que se insertan en el interior de las células de la epidermis del huésped. Mientras que la parte aérea produce estructuras reproductivas conocidas como

conidióforos y que soportan cadenas de conidias unicelulares que adquieren una apariencia de columnas. Estas columnas crecen por esta formación sucesiva de conidias hasta que son disgregadas por el viento. Las conidias que aterrizan sobre un tejido susceptible pueden germinar de inmediato siempre que la temperatura sea mayor a 20 °C, ya que no requieren de la presencia de agua libre sobre el tejido. La humedad ambiente facilita la germinación, como es la condición que se da en la costa o en plantaciones que han alcanzado una alta densidad. Una vez que se produce la infección, el micelio seguirá creciendo sobre la planta, indiferente de las condiciones de humedad del aire. **(Morales, 2017)**

— *Síntomas*: el daño que causa se restringe a las células de la epidermis, produciendo necrosis, distorsión de las hojas y deformaciones en los frutos. El oídio no mata a la planta, pero sí consume sus nutrientes e incrementa la respiración, reduciendo su crecimiento, rendimiento y la calidad de la fruta. Los síntomas se inician como manchas circulares y difusas de apariencia polvorienta, como depósitos de polvillo blanquecino sobre la superficie de los tejidos aéreos. Cualquier parte aérea de la planta puede ser afectada, pero normalmente se encuentra sobre hojas, pecíolos y frutos, los que pueden quedar completamente cubiertos por este polvillo. Las flores y frutos son particularmente susceptibles en cualquier estado de su desarrollo, los que pueden quedar envueltos por el micelio y conidias del hongo, el daño de las flores significa una menor producción de polen, lo cual disminuye la cuaja, mientras que en los frutos verdes se produce detención de crecimiento y deformaciones. Los frutos maduros también desarrollan esta capa polvorienta y blanquecina sobre su superficie, terminando con una consistencia blanda. **(Agrios, 1996)**

— *Control*: Usar variedades resistentes. Plantaciones bien ventiladas que permiten secar el follaje y evitan la germinación de las conidias del hongo. Eliminar hojas viejas y residuos de la planta, ya que el inóculo se mantiene en estos. Control químico usando fungicidas. Lo más común es el azufre elemental, que es preventivo y efectivo siempre y cuando se aplique antes de la aparición de síntomas, pero tiene el inconveniente de que es removido por el viento y la lluvia. Para lograr un control eficiente se debe mantener una rutina de aplicación de azufre evitando las horas de mayor calor para no dañar a flores ni frutos. Las aplicaciones deben comenzar temprano en la temporada, monitoreando regularmente para detectar los primeros síntomas. Los fungicidas sistémicos son más eficientes que el

azufre, pero de mayor valor. Existen varios productos, pero solo algunos de ellos tienen registro en los países importadores de frutilla. Por ejemplo: benomyl, carbendazim, cyprodinil y fludioxanil. Sin embargo, estos listados se deben consultar cada año, ya que cambian permanentemente. Control con aplicaciones foliares de sales de fosfato, detergentes y aceites finos, los que pueden ayudar a disminuir las aplicaciones de fungicidas químicos y adaptarse a producción orgánica. Como control biológico existe una bacteria que se denomina *Bacillus subtilis* o un hongo, el *Ampelomyces quisqualis*, disponibles comercialmente. Los extractos de cítrico también ayudan a disminuir la presión de la enfermedad, pero son complementarios a las medidas anteriores. (Morales, 2017)

4.1.13. Cosecha

La cosecha se realiza entre los 90 a 100 días después de sembrada la fresa. Luego al uniformizar la producción se puede hacer 2 cosechas a la semana. A partir del octavo al noveno mes de la producción empieza a disminuir. El momento adecuado para la cosecha es cuando el fruto está en su fase de su maduración completa. Se desprende con la mano el fruto junto con el cáliz, colocando en una canasta, para luego seleccionarlo y embalarlo en envases de cartón, madera o envases de plástico de una capacidad de 6 a 8 kg. (Montes, 1989)

4.2. Hidroponía

4.2.1. Concepto.

La Hidroponía, es un conjunto de técnicas que permiten el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. La hidroponía permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, etc. A partir de este concepto se desarrollaron técnicas que se apoyan en sustratos o en sistemas con aportes de soluciones de nutrientes estáticos o circulantes, sin perder de vistas las necesidades de la planta como la temperatura, humedad, agua y nutrientes.

La palabra hidroponía deriva del griego Hidro (agua) y Ponos (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. Sin embargo, en la actualidad se utiliza para referirse al cultivo sin suelo. La hidroponía es una herramienta que permite el cultivo de plantas sin suelo, es decir sin tierra. Un cultivo hidropónico es un sistema aislado del suelo, utilizado

para cultivar plantas cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídricos nutricionales, a través del agua y solución nutritiva. Con la técnica de cultivo sin suelo es posible obtener hortalizas de excelente calidad y sanidad, permitiendo un uso más eficiente del agua y los nutrientes.

Basados en la experiencia, los rendimientos por unidad de área cultivada son altos debido a una mayor densidad, mayor productividad por planta y eficiencia en el uso de los recursos agua, luz y nutrientes. No es una metodología moderna para el cultivo de plantas, sino una técnica ancestral; en la antigüedad hubo culturas y civilizaciones que utilizaron esta metodología como medio de subsistencia. Generalmente asociamos esta forma de cultivo con grandes invernaderos para el cultivo de plantas y el empleo de la más compleja tecnología; sin embargo, los orígenes de la hidroponía fueron muy simples en su implementación. El desarrollo actual de la técnica de los cultivos hidropónicos, está basada en la utilización de mínimo espacio, mínimo consumo de agua y máxima producción y calidad. **(Beltrano & Giménez, 2015)**

4.2.2. Ventajas de la hidroponía.

- No depende de las estaciones de forma estricta debido a que se puede hacer en invernaderos.
- No depende de la calidad de los suelos del área geográfica en cuestión.
- Mejor control del uso y aprovechamiento de los nutrientes.
- Permite la producción de semilla certificada.
- Permite el control de plagas, parásitos, bacterias, hongos y virus.
- Permite el mejor uso del agua, ya que se recicla la mayor parte y no contamina mantos freáticos.
- Permite el uso de insecticidas orgánicos y prácticamente está libre de agentes tóxicos.
- No usa maquinaria pesada.
- Puede ser altamente automatizada y autónoma.
- Puede protegerse de los efectos del clima.
- Puede calcularse el retorno económico con un margen de error menor que en cultivo tradicional.

- Las frutas y vegetales tienden a crecer de forma regular (todos con el mismo promedio de tamaño) sin que haya parches de tierra de mejor o peor calidad porque no dependen de la tierra sino de las soluciones y del sustrato.
- Permite la implementación de cultivos en zonas urbanas y suburbanas (incluso en patios, terrazas, etc) en forma de huertos familiares.
- No requiere grandes extensiones de tierra. **(Soria, 2012)**

4.2.3. Desventajas de la hidroponía.

Estos sistemas presentan un costo inicial alto debido a las inversiones a realizar, de todos modos esto variará dependiendo del sistema elegido y del control que se desee realizar del ambiente de crecimiento. Si vamos a sistemas donde se controla la temperatura, humedad y luz del lugar de crecimiento del cultivo, tendremos mayores grados de inversión en equipos de medición y control. Por otro lado sistemas que requieran un aporte energético, como los sistemas circulantes, diferirán en los costos de aquellos sistemas flotantes o estáticos. **(Beltrano & Giménez, 2015)**

Se requieren conocimientos de fisiología y nutrición. Este tipo de producciones demandan una mayor especialización del productor, exigiéndole un grado mayor de conocimientos respecto al funcionamiento del cultivo y de la nutrición de éste. Repentinos cambios de temperatura o de ventilación tendrán respuesta directa en el cultivo, sobre todo en ambientes protegidos. El íntimo contacto del productor con el cultivo permitirá prevenir tales cambios ambientales y la regulación de las necesidades nutricionales de acuerdo a las exigencias de éste.

Desbalances nutricionales causan inmediato efecto en el cultivo. Al no existir suelo se pierde la capacidad buffer de éste frente a excesos o alteraciones en el suministro de nutrientes, es por ello que de forma inmediata se presentan los síntomas tanto de excesos como de déficits nutricionales. El productor deberá estar muy atento al equilibrio de la fórmula nutricional y a sus cambios durante el ciclo.

Se requiere agua de buena calidad. Así como en los sistemas tradicionales de producción se necesita un suelo de adecuadas condiciones para la producción, en los sistemas hidropónicos se requiere agua de buena calidad, sobre todo libre de contaminantes y de excesivas sales, con un pH cercano a la neutralidad. Aguas comúnmente duras

cargadas de excesos de sales significan el desarrollo de formulaciones especiales, cuando no son limitantes del proceso productivo. **(Gilsanz, 2007)**

4.2.4. Sistemas de hidroponía.

4.2.4.1. Sistema hidropónico de solución estática (SRF)

Este sistema se conoce también como de raíz flotante o sistema de balsa flotante. El SRF fue uno de los primeros sistemas hidropónicos que se utilizó tanto a nivel experimental como a nivel de producción comercial, el cual maximiza la utilización de área de cultivo. De todos los métodos de cultivo sin suelo, por definición es el auténtico cultivo hidropónico. **(Rodríguez & Chang, 2017)**

El sistema de cultivo de raíz flotante ha sido encontrado eficiente para el cultivo de albahaca, apio y varios tipos de lechuga, con excelentes resultados, ahorro de tiempo y altas producciones. El método utiliza un medio líquido que contiene agua y sales nutritivas. Este sistema ha sido denominado por quienes lo practican, como: cultivo de raíz flotante, ya que las raíces flotan dentro de la solución nutritiva, pero las plantas están sostenidas sobre una lámina que se sostiene sobre la superficie del líquido. **(Marulanda, 2003)**

El sistema flotante es el más sencillo de realizar, de bajo costo y no demanda el uso de energía extra. Consta de un recipiente en donde se coloca la solución nutritiva y sobre ella flotando la plancha de espuma que soporta las plantas. En este sistema es necesario. Realizar un cambio de solución semanalmente o al menos renovar parte de ella. Además se requiere de la aireación del sistema por medio de agite de la solución diariamente. Las desventajas de este sistema consisten en la necesidad de formulación frecuente de la solución nutritiva, la necesidad de airear el medio y prever la contaminación del soporte de espuma por algas que encuentran su fuente de alimento en la solución nutritiva, incentivadas por el acceso a la luz. Requiere además de un consumo importante de agua. En este sistema los cultivos que mejor se adaptan son aquellos de hoja como lechuga, espinaca y el de plantas aromáticas. **(Gilsanz, 2007)**

Las ventajas del sistema hidropónico de solución estática son:

- Se obtiene una mayor densidad de plantas, lo cual da como resultado una mayor cosecha por unidad de área.
- Debido a que se utiliza agua potable, es un cultivo limpio, se puede consumir en estado fresco, sin el riesgo de contraer enfermedades parasitarias.

- Se pueden cultivar hortalizas repetidamente.
- Se puede realizar en áreas pequeñas: azoteas, techos, etc.
- No hay crecimiento de malezas. **(Ramírez, 2017)**

Las desventajas son:

- El costo de instalación es ligeramente alto, si es a nivel comercial. Pero para hidroponía popular los costos bajan.
- El personal dedicado a este sistema debería tener conocimiento básico de nutrición y fisiología vegetal.
- Solo se limita a algunos tipos de plantas, no se puede cultivar todas las hortalizas.
- El costo de mantenimiento y reposición incrementan relativamente los costos. **(Ramírez, 2017)**

Los elementos del sistema utilizado comprenden:

- Un bastidor de madera de 15-20 cm de altura y un 1.10 m de ancho por el largo que se desee, de todos modos, el largo no puede ser excesivo ya que de realizarse sobre el suelo éste deberá estar muy bien nivelado.
- Planchas de poliuretano de 2cm de grosor, de utilizar un grosor inferior se tendrá una menor durabilidad y se producirá un bandeado de la plancha debido al peso de las plantas. Esta plancha se agujereará simétricamente produciendo una abertura de 2 x 2 cm. por los que se introducirán las plántulas.
- Esponja de polyfoam de baja densidad, 2 cm de ancho para permitir el enraizamiento o fijación de la plántula. Además es más barata que la de alta densidad, este elemento es descartable del sistema.
- Lámina de plástico de doble capa (blanca y negra, similar a la usada para la producción de silos) (100-150 micrones). **(Gilsanz, 2007)**

4.2.4.2. Sistema de la solución nutritiva recirculante o NFT

El sistema de recirculación de solución nutritiva NFT -Nutrient Film Technique, (Técnica de la lámina nutriente) fue desarrollado en Inglaterra, por el Dr. Allan Cooper en la década de los sesenta. El principio de este sistema hidropónico consiste en la circulación constante de una lámina fina de solución nutritiva que pasa a través de las raíces del cultivo, no existiendo pérdida o salida al exterior de la solución nutritiva, por lo que se constituye en un sistema de tipo cerrado. Las plantas se cultivan en ausencia de sustrato,

por lo cual las plantas se encuentran suspendidas en canales de cultivo con o sin un contenedor de soporte. Otra característica del sistema, es la necesidad de contar con una pendiente o desnivel de la superficie de cultivo, ya que por medio de ésta, se posibilita la recirculación de la solución nutritiva. Países del norte de Europa, especialmente, han utilizado el sistema bajo invernadero para cultivar hortalizas de consumo en fresco y de alta calidad. El sistema NFT está siendo implementado, en sus distintas formas, especialmente en zonas áridas de América Latina. Para ello es importante un conocimiento previo de las técnicas hidropónicas básicas como la raíz flotante y contar con un nivel de inversión mayor al requerido para éstas, con la finalidad de aumentar la capacidad de producción por unidad de superficie y de tiempo de cultivo. Su éxito en condiciones locales, se basa asimismo en la utilización y apropiación de materiales existentes en las cercanías y contar con personal idóneo en las técnicas de preparación y manejo de soluciones nutritivas, del sistema y del cultivo de la especie elegida. **(Carrasco & Izquierdo, 1996)**

El sistema NFT se basa en el flujo permanente de una pequeña cantidad de solución a través de caños de los que el cultivo toma para su nutrición. En general este sistema está catalogado como de elevado costo, requiere del suministro de un volumen de agua constante, y para ello se gasta energía en el proceso de bombeo. El sistema consta de caños de distribución, un tanque de almacenamiento de la solución, tanques de formulación y una bomba que contemple las necesidades del sistema. En este sistema se instalan cultivos que por el largo de ciclo o por el consumo de solución no podrían realizarse de otra manera, ejemplo: tomate, morrón, melón etc. Las desventajas del mismo son el uso de energía, el costo, la necesidad de contemplar el efecto de la temperatura sobre el nivel de oxígeno en el sistema de distribución, para ello los caños son pintados frecuentemente de colores claros. Requiere de formulación y chequeo frecuente del pH y salinidad de la solución. **(Gilsanz, 2007)**

Las ventajas que ofrece este sistema son:

- Rentabilidad y eficacia de uso de fertilizantes y agua
- Control de los productos de salida del agrosistema
- Mayor delimitación en la localización de los agentes que producen alteraciones fitosanitarias. **(Ramírez, 2017)**

Las desventajas que tiene son las siguientes:

- Inversión inicial
- Inversión en mantenimiento
- Necesita de agua de baja conductividad eléctrica (menor o igual a 1)
- Existe la posibilidad que si el sistema radical contiene problema de hongos puede contagiarse a las demás plantas por tratarse de un sistema cerrado. (Ramírez, 2017)
- El oxígeno es aportado por la solución y por el aire que rodea a gran parte de las raíces, que se dificulta con el aumento de la temperatura, ya que el consumo se duplica con el aumento de 10°C, mientras que la disolución del oxígeno en la solución baja de 9.6 a 7.8 mg/l para 20 y 30°C respectivamente.
- Concentración de Oxígeno: A medida que la temperatura aumenta, la disponibilidad de O₂ disuelto disminuye significativamente, motivo por el cual se deben aplicar algunas de las técnicas mencionadas: burbujeo o bien algún tipo de agitación o alternancia de riegos y suspensión de riego, a fin de incrementar la disponibilidad de O₂ para las raíces. Límite inferior 3 mg O₂/L. Para solucionar este problema, las alternativas son, o bien a través de burbujeo mediante bombas, o alternar riegos y descanso (15 minutos riego, 15 minutos descanso). **(Beltrano & Giménez, 2015)**

Los componentes de este sistema hidropónico son:

- *Estanque colector*: El estanque colector tiene por función almacenar la solución nutritiva a través del período de cultivo. Idealmente, los estanques colectores debieran ser de material PVC o de fibra de vidrio. La elección de un estanque colector no sólo está determinada por el material constituyente, sino también por su capacidad de almacenamiento de solución nutritiva. El volumen del estanque está en función directa del número de plantas, especies a cultivar y modalidad de corrección química de la solución nutritiva (sistema de corrección manual o automático). **(Carrasco & Izquierdo, 1996)**
- *Canales de cultivo*: Las plantas cultivadas hidropónicamente al no contar con un medio sólido de sostén, éste es brindado a las plantas por el tipo de contenedor utilizado como también por el canal de cultivo, el cual permite la sujeción de las plantas. La segunda función de los canales y de igual importancia a la anterior, es permitir que la solución nutritiva pase en forma expedita a través de ellos. Así, es recomendable utilizar canales de sección rectangular, ya que ésta permite mantener

la fina lámina de solución circulante en la sección transversal a lo largo del canal. **(Gilsanz, 2007)**

- *Bomba*: Es otro elemento básico del sistema. Su función es impulsar permanentemente la solución nutritiva desde el estanque colector hasta la parte alta de los canales de cultivo. Por ello, dependiendo de la magnitud del módulo de producción y grado de supervisión debieran considerarse dispositivos de alarma que indiquen una interrupción no deseada. Dentro de la gran variedad de tipos de bombas y características de funcionamiento, destacan las de accionamiento eléctrico de operación sumergida o no sumergida. **(Ramírez, 2017)**
- *Red de distribución*: La solución nutritiva es distribuida a través de una red compuesta por tuberías y mangueras de PVC o goma desde la bomba impulsora hacia la parte superior de los canales de cultivo. En relación a su dimensión, depende del volumen a transportar a través del sistema, sin embargo como el flujo requerido no supera los 2 a 3 litros por minuto, normalmente el diámetro de las tuberías es de 1 pulgada. **(Carrasco & Izquierdo, 1996)**
- *Tubería colectora*: La tubería colectora recibe la solución nutritiva desde los canales de cultivo y la lleva de retorno hacia el estanque colector. La localización de esta tubería se ubica frente y en un nivel más bajo que la altura inferior de los canales, de esta forma la solución nutritiva al caer por gravedad se oxigena. **(Gilsanz, 2007)**

Los requerimientos del sistema de hidroponía NFT para la obtención de una producción comercial exitosa son:

- *Altura de la lámina de la solución nutritiva*: El sistema NFT consiste en recircular en forma permanente una lámina fina de solución nutritiva que permita la oxigenación de las raíces y el aporte de agua y sales nutritivas durante todo el período de cultivo. Idealmente, esta lámina no debería alcanzar una altura superior a los 4 a 5 mm, para favorecer así la aireación de la solución y por ende la oxigenación de las raíces. **(Carrasco & Izquierdo, 1996)**
- *Flujo de la solución nutritiva*: Para el logro y mantención de la lámina de solución nutritiva recirculante, es recomendable ajustar su flujo en aproximadamente 2 litros por minuto. Este caudal permite que las raíces de las plantas posean una oferta adecuada de oxígeno, agua y nutrientes. **(Gilsanz, 2007)**

- *Oxigenación de la solución nutritiva*: La solución nutritiva se oxigena no solamente por su circulación a través de los canales de cultivo, sino principalmente, al caer abruptamente sobre el remanente de solución en el estanque colector, donde se produce turbulencia y por lo tanto su aireación. De esta forma es aconsejable dejar al menos 50 cm de altura de caída entre la parte final de la tubería colectora y la altura de nivel de llenado máximo del tanque. **(Carrasco & Izquierdo, 1996)**
- *Pendiente*: Para que la solución nutritiva fluya constantemente en el sistema, se requiere que ésta sea impulsada desde el estanque hacia la parte elevada de los canales de cultivo, y luego descienda a través de ellos por gravedad. Este descenso se produce gracias a la pendiente longitudinal de los canales de cultivo. En general, se recomienda que esta inclinación sea de alrededor de un 2 %. **(Gilsanz, 2007)**
- *Longitud de los canales de cultivo*: Para la mantención de los requerimientos mencionados anteriormente, se necesita además considerar un largo máximo de canales de cultivo no superior a los 15 metros. De esta forma, se logra que la solución nutritiva se mantenga con un adecuado contenido de oxígeno posible de ser absorbido por las raíces de las plantas. **(Carrasco & Izquierdo, 1996)**
- *Localización del sistema NFT*: Es recomendable que el invernadero en el cual se monte el sistema NFT, se localice cercano a la fuente de agua y a la eléctrica. Además, es recomendable ubicarlo en un lugar protegido de vientos fuertes y en lo posible próximo a una casa habitación, para así contar con el resguardo de los materiales y productos existentes en el invernadero. **(Carrasco & Izquierdo, 1996)**

4.2.5. Soluciones nutritivas.

Las soluciones nutritivas utilizadas en hidroponía están constituidas por nutrientes minerales altamente solubles y agua, es de ella de quien depende la nutrición de las plantas y su óptimo desarrollo, así mismo al utilizar agua potable en sistemas hidropónicos debe tenerse en cuenta que concentraciones altas de cloro causan complicaciones por toxicidad en las plantas. **(Mendoza, 2017)**

Las soluciones nutritivas es un conjunto de compuestos y formulaciones que contienen los elementos esenciales disueltos en el agua, que las plantas necesitan para su desarrollo. Los estudios de la fisiología vegetal determinaron que ciertos elementos esenciales afectan el desarrollo de la planta, partiendo de esto se inició la mezcla de compuestos los cuales fueron evaluados hasta llegar a una solución, que hasta hoy se siguen modificando para

diferentes cultivos por la variabilidad tanto genética como el medio ambiente. Pero es importante que esta tenga los elementos esenciales los que permitirán sobrevivir a la planta como son: Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) que son los más demandados para su desarrollo, y los micronutrientes (Cl, B, Fe, Mn, Zn y Mo) que son elementos que se requiere en menor proporción. (Flores, 2018) **(Barry, 1997)**

La temperatura de la solución es un punto crítico. Si la solución es muy fría, la tasa metabólica de la raíz baja y la absorción de nutrientes también. Esto tiene un efecto de retardo en el crecimiento de la planta por debajo de lo deseado. También existen problemas cuando la temperatura es muy alta y esto afecta la absorción mineral. El mejor rango de temperatura está entre 18 y 25 °C para la mayoría de los cultivos. **(Barry, 1997)**

La vida útil de la solución depende principalmente del contenido de iones que no son utilizados por las plantas. La vida media de una solución nutritiva que haya sido ajustada por medio de análisis semanales suele ser de dos meses. En caso de no efectuarse dichos análisis (C.E. y pH) se recomienda un cambio total de la solución nutritiva entre las cuatro o seis semanas. **(Urrestarazu, 2004)**

Un parámetro a controlar en los sistemas hidropónicos es el pH de la solución nutritiva, es decir el grado de acidez o alcalinidad de la solución. El nivel de pH influye directamente sobre la absorción de los nutrientes por parte de la planta. Entre los valores de pH 5.5-7.0, se encuentra la mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas. Fuera de este rango las formas en que se pueden encontrar los nutrientes resultan inaccesibles para ser absorbidos por la planta, por lo que es fundamental mantener el rango de pH. En caso de encontrarnos con valores de pH superiores a 7.0 es posible corregir la solución nutritiva mediante la acidificación, usando ácidos nítrico, fosfórico y/o sus mezclas. Deberá contemplarse en la reformulación los respectivos aportes de nitrógeno y fósforo realizado por estos ácidos. En caso de pretender elevar el pH, por encontrarnos frente a una solución extremadamente ácida, deberemos utilizar el hidróxido de potasio, considerando también el aporte de potasio realizado por esta vía. **(Gilsanz, 2007)**

La conductividad eléctrica es un indicador indirecto de la concentración salina del agua y de la solución nutritiva; nos puede dar un indicio si el agua a utilizar es la adecuada y sobre la vida útil de la solución nutritiva en el sistema. Al comienzo el agua de nuestra

fuente deberá contar con el nivel más bajo posible de conductividad eléctrica; son adecuados valores de 0.7-1.2 mS/cm. Luego del agregado de sales, al formular la solución, la conductividad dependerá del cultivo y el estado de crecimiento, por ejemplo la lechuga tiene márgenes bajos para su desarrollo (entre 2-2.5), el tomate tolera valores más altos. Al tener valores más altos de sales disueltas en la solución, la absorción de nutrientes por la planta se ve limitada, repercutiendo en el normal desarrollo del cultivo. **(Gilsanz, 2007)**

4.2.6. Solución hidropónica La Molina.

La solución hidropónica La Molina fue formulada considerando que las plantas deben recibir un balance nutricional adecuado para lograr producir fuera de suelo, ya sea a través de sistemas hidropónicos (sistemas en agua), o en sistemas que usan sustratos. La solución hidropónica La Molina fue obtenida después de varios años de investigación en los años 1990, en ese entonces, en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), principalmente con el propósito de difundir la hidroponía con fines sociales, para apoyar el proyecto de la “Huerta Hidropónica Popular” iniciado por la FAO en diferentes países latinoamericanos, entre ellos el Perú. Como no era factible conseguir varios de los fertilizantes que se recomendaban para preparar la solución hidropónica de la FAO, se eligieron para su preparación, fertilizantes que se podían conseguir con facilidad en las diferentes provincias del Perú; formulándose de esta manera la solución hidropónica La Molina, la cual consiste de dos soluciones concentradas, denominadas A y B. **(Carbajal, 2018)**

La solución nutritiva A preparada con solución hidropónica La Molina porta la siguiente concentración de nutrientes (ppm o mg/l): 210 ppm potasio, 190 ppm de nitrógeno, 150 ppm de calcio, 70 ppm de azufre, 45 ppm de Magnesio y 35 ppm de fósforo. Mientras que la solución nutritiva B contiene: 1.00 ppm de hierro, 0.5 ppm de manganeso, 0.5 ppm de boro, 0.15 ppm de zinc, 0.10 ppm de cobre y 0.05 ppm de molibdeno. **(Carbajal, 2018)**

4.3. Antecedentes empíricos de la investigación

4.3.1. Antecedentes empíricos a nivel nacional.

“Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Hidropónica en sistema recirculante “NFT” tipo piramidal con tres niveles de aireación” Tesis elaborada por Agenor Martín Mendoza Rodríguez (2017), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa) cuyo

objetivo fue: Identificar el mejor nivel de aireación y cultivar para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo condiciones hidropónicas en sistema NFT. Entre las conclusiones tenemos: efectos de los niveles de aireación A2 (2000 cc/min de aire) y A0 (aireación pasiva) sobre las características evaluadas son similares; para altura de planta. El cultivar Grand Rapids fue el que produjo mayor rendimiento obteniendo un valor promedio de 392,44 kg/100 m² seguido por Green Leaf con 365,76 kg/100 m² y Lollo Bionda con 348,00 kg/100 m² (Mendoza, 2017)

“Efecto de tres dosis de soluciones nutritivas en la producción de dos variedades de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) Mediante el sistema hidropónico de raíz flotante en K’ayra – Cusco” investigación realizada por Ruth Quipo Mendoza (2016), Universidad Nacional De San Antonio Abad del Cusco) en la tesis cuyo objetivo fue evaluar el efecto de las dosis de soluciones nutritivas en la producción de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) mediante cultivo hidropónico de raíz flotante en K’ayra – Cusco. Entre las conclusiones más importantes tenemos: El Híbrido Dash * 6 ml A+3 ml B/litro de agua, en peso fresco de las hojas con 203.00 g/planta (94.73 t/ha), en materia seca de las hojas con 49.00 g/planta (22.87 t/ha) y en número de hojas con 33.00 hojas/planta; fue mejor que la Variedad Viroflay * Sin Solución Hidropónica, en peso fresco de las hojas con 38.00 g/planta (17.73 t/ha), en materia seca con 3.00 g/planta (1.40 t/ha) y en número de hojas con 11.00 hojas/planta. (Quipo, 2016)

“Producción hidropónica de apio (*Apium graveolens*) y lechuga (*Lactuca sativa*), inyectando micronanoburbujas en el riego” en la investigación Luis Ángel Pozo Moscol (2018), Universidad Nacional Agraria La Molina) en el trabajo de investigación cuyo objetivo fue evaluar las mejoras en la producción de los cultivos hidropónicos apio y lechuga, usando micronanoburbujas. Entre las conclusiones tenemos: el uso de micronanoburbujas en la época de primavera disminuye el ciclo vegetativo de lechuga en 13 días y apio en 6 días de diferencia a la cosecha y en la época de verano en lechuga 4 días y en apio 8 días de diferencia a la cosecha con respecto al testigo. El uso de micronaburbujas en la primera campaña de lechuga mejoro los indicadores de producción con respecto al testigo obteniendo un promedio de altura total de 59.3 cm y en el cultivo de apio no hubieron diferencias significativas. La segunda campaña de lechuga la altura de planta del testigo resulto ser estadísticamente mejor que el tratamiento NFT obteniendo un promedio de altura total de 53.4 cm pero en el peso fresco y peso seco no hubieron

diferencias significativas y en el cultivo de apio fueron estadísticamente iguales. (Pozo, 2018).

4.3.2. Antecedentes empíricos a nivel internacional.

“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”, investigación realizada por Félix Daniel Ibadango Ruiz (2017), Universidad Técnica Del Norte cuyo objetivo fue determinar la 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. Entre las conclusiones tenemos: El sistema hidropónico vertical presentó un mayor porcentaje de prendimiento 97,23%, de plantas a la cosecha 96,30% y número de frutos con 170 unidades, en relación al sistema suelo con el 94,44%, 93,52% y 141 frutos, respectivamente, por tanto se concluye que es más eficiente que el sistema tradicional empleado por los agricultores. (Ibadango, 2017).

“Producción de frutilla (*Fragaria vesca*) en un sistema hidropónico con diferentes proporciones de sustratos y la dosificación de tres concentraciones comerciales de soluciones nutritivas” investigación realizada por Juan Carlos Mamani Fernández (2015), Universidad Mayor De San Andrés cuyo objetivo fue evaluar el comportamiento agronómico de la frutilla (*Fragaria vesca*) en un sistema hidropónico con diferentes proporciones de sustratos en un ambiente controlado y la dosificación de tres concentraciones comerciales de soluciones nutritivas. Entre las conclusiones tenemos: Las diferentes soluciones nutritivas casi no afectaron en el desarrollo normal de la frutilla, lo que más afectó en el desarrollo y la producción de la frutilla fueron los sustratos, los cuales obtuvieron diferentes resultados, dependiendo a las variables de respuestas. Con relación al peso (Kg) de fruta que se cosecho, se sugiere utilizar el sustrato (50% cascarilla de arroz + 50% arena) + solución hidropónica de La Molina (frutilla) ya que se alcanzó un promedio de 144.98 gr/por planta, seguida por el mismo sustrato con la solución de La Molina y en tercer lugar, también está el mismo sustrato pero con la solución de la FAO, cabe resaltar que los mejores resultados en la calidad extra los tuvimos con estas combinaciones. (Mamani, 2015).

“Evaluación del rendimiento y calidad de fresa en dos sistemas hidropónicos” investigación realizada por Brenda Vanessa Hernández Pérez (2017), Universidad

Autónoma del Estado de México cuyo objetivo fue demostrar que el sistema hidropónico cerrado tipo revolver (SHCR) en comparación con el sistema hidropónico abierto convencional (SHAC) aumentara el rendimiento y la calidad de la fresa. Entre las conclusiones tenemos: El sistema hidropónico tipo revolver permite aumentar el número de plantas por superficie, o por volumen si se desea ver así. De tal forma que la producción se incrementa por espacio, sin embargo algunos factores de calidad como son firmeza y color son alterados por este sistema giratorio. Ello porque obtiene menos horas luz día y posiblemente menos unidades calor al día. El resto de las variables de calidad como, tamaño, Solidos solubles totales, y acidez titulable no fueron afectadas. **(Hernández, 2017)**

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es **experimental**

5.2. Ubicación espacial

El campo experimental fue instalado en la Unidad de Lombricultura del Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

5.2.1. Ubicación geográfica

Longitud:	71°52'03" Oeste
Latitud:	13°33'24" sur
Altitud:	3,219 m

5.2.2. Ubicación hidrográfica

Cuenca :	Vilcanota
Sub cuenca:	Huatanay
Microcuenca:	Huanacaure

5.2.3. Ubicación política

Región:	Cusco
Provincia:	Cusco
Distrito:	San Jerónimo
Localidad:	Centro Agronómico K'ayra

5.2.4. Zona de vida

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge, con datos climáticos promedio de diez años de observación, temperatura 12.46 °C y precipitación promedio 702.14 mm, el Centro Agronómico K'ayra se encuentra en la zona de vida transición bosque seco – Montano bajo – Sub tropical (bs-Mb-St). (Holdridge, 1967).

Imagen 3: Vista satelital del campo experimental



5.3. Duración de la investigación

El presente trabajo de investigación tuvo una duración de 8 meses contados a partir de octubre del año 2017 hasta mayo del año 2018. La etapa de campo empezó el 26 de octubre del 2017 y la redacción del documento final culminó el 31 de mayo del 2018.

5.4. Materiales y métodos

5.4.1. Materiales de campo, equipos y herramientas.

5.4.1.1. *Materiales de campo.*

- Tubería PVC de 4'.
- Tubería PVC SAP de 1'
- Codos PVC de 4' x 90° sin hilo.
- Codos PVC SAP de 1' x 90° sin hilo.
- Tapones hembra PVC DE 4'.
- Válvulas de control de PVC de 1'
- Tee de PVC SAP de 1'.
- Unión universal de PVC SAP de 1'
- Niple de PVC SAP de 1'
- Listones de 3'x2'x 10 pies.
- Rollizos de eucalipto de 4'
- Malla rashell
- Plástico agrofilm

- Clavos
- Etiquetas
- Cajas de madera para enraizar esquejes.
- Libreta de campo.
- Depósitos de soluciones nutritivas
- Vasitos de plástico descartables.
- Esponjas de tela
- Solución hidropónica La Molina A y B.

5.4.1.2. Herramientas

- Balanza de precisión
- Cinta métrica.
- Nivel de mano
- Tijera de poda.
- Regla graduada con vernier
- Jarra dosificadora.

5.4.1.3. Equipos.

- 03 electrobombas de 0.5 HP (370 W).
- Cámara fotográfica.
- Pulverizador manual de 15 l.
- Equipo de computo
- Termómetro ambiental
- Controlador arduino (función de temporizador)
- Estufa de 105°C.

5.4.1.4. Material biológico.

El material biológico (esquejes) utilizado en la presente investigación fue adquirido de productores de fresa de la localidad de Huaral de la Región Lima. Los esquejes según menciona el proveedor fueron seleccionados de las mejores plantas del plantel del productor.

5.4.2. Métodos.

5.4.2.1. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue Bloques Completamente al Azar, con arreglo factorial de 3Ax3B, con nueve tratamientos y cuatro repeticiones con un total de 36 unidades experimentales; fueron evaluados dos factores: dosis de soluciones nutritivas y variedades.

Los bloques fueron diseñados en filas, tal como se muestra en el gráfico respectivo. Los tratamientos fueron distribuidos en forma aleatoria dentro de cada bloque y para tal fin fue utilizado el método del sombrero. Las parcelas experimentales diseñadas fueron de forma alargada y angosta.

Los resultados obtenidos fueron procesados utilizando el análisis de varianza y la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95% y 99% para aquellos indicadores cuyos resultados muestran distribución normal y varianza homogénea. En aquellos indicadores que no muestran normalidad no se ha realizado el análisis de varianza ni la comparación de medias, por cuanto corresponde a estadística no paramétrica.

Para saber si los datos registrados en cada indicador muestran distribución normal y varianza homogénea se ha recurrido al programa estadístico SPSS y al programa EasyFit 5.5.

5.4.2.2. Características del campo experimental.

a) Campo experimental

— Largo:	8.10 m
— Ancho incluido calles centrales:	5.30 m.
— Área total:	42.93 m ²

b) Bloques

— N° de bloques:	4.00
— Ancho de bloque:	0.90 m
— Largo de bloque:	8.10 m
— Área por bloque:	7.29 m ² .

c) Unidad experimental

— N° de unidades experimentales total:	36.00
--	-------

- N° de unidades experimentales por bloque: 9.00
- N° de plantas por unidad experimental: 9.00
- Largo: 2.70 m
- Ancho: 0.30 m.
- Área: 0.81 m².

d) Calles centrales

- Número de calles entre bloques: 2.00
- Largo de calle: 8.10 m.
- Ancho de calle: 0.85 m
- Área total de calles: 13.77 m²

e) Distanciamientos de siembra

- Distancia entre plantas: 0.30 m
- Distancia entre canales de cultivo: 0.30 m

Gráfico 1: *Campo experimental (03 unidades hidropónicas)*

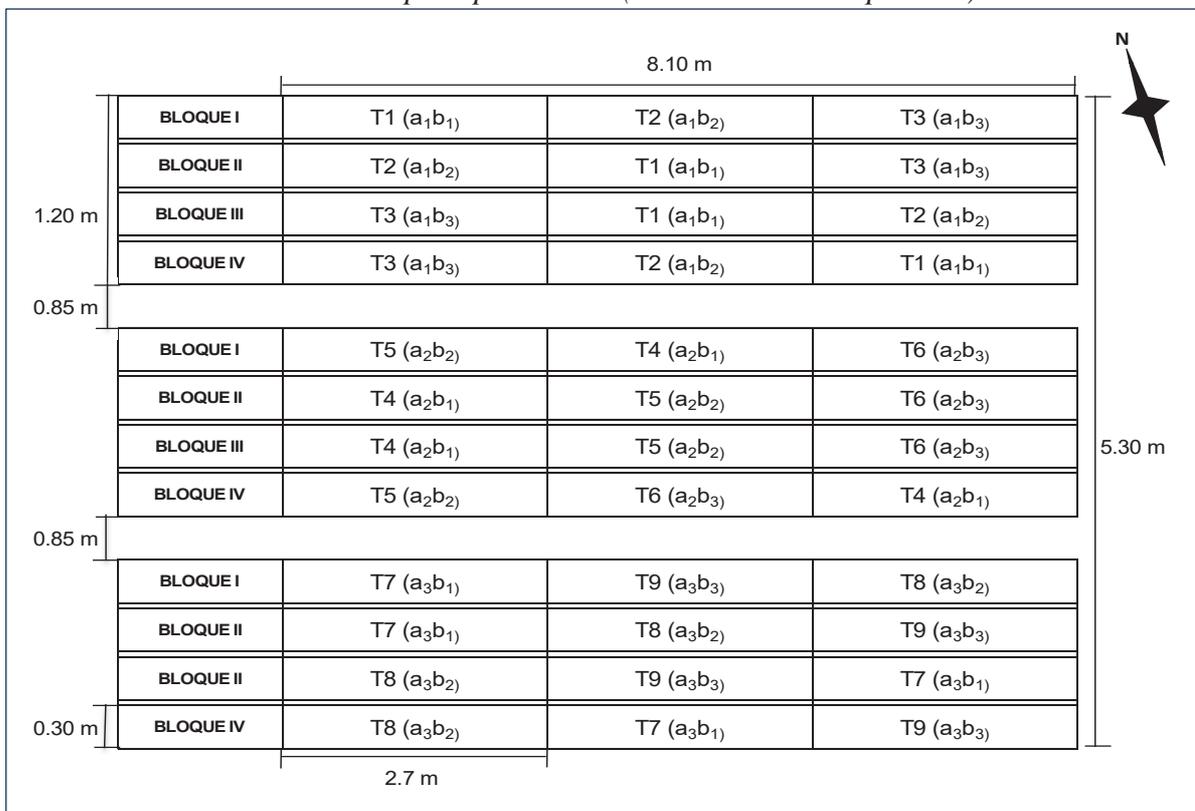


Gráfico 2: *Unidad experimental*

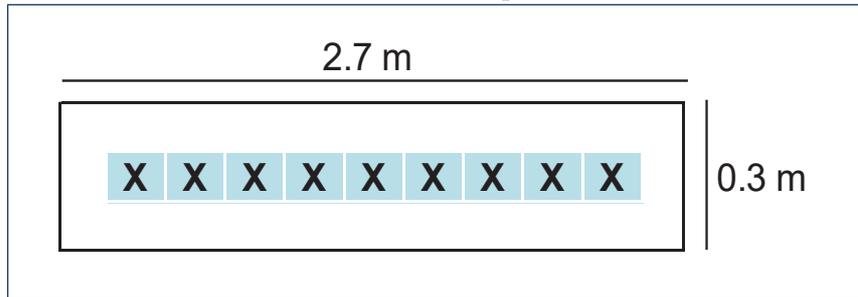
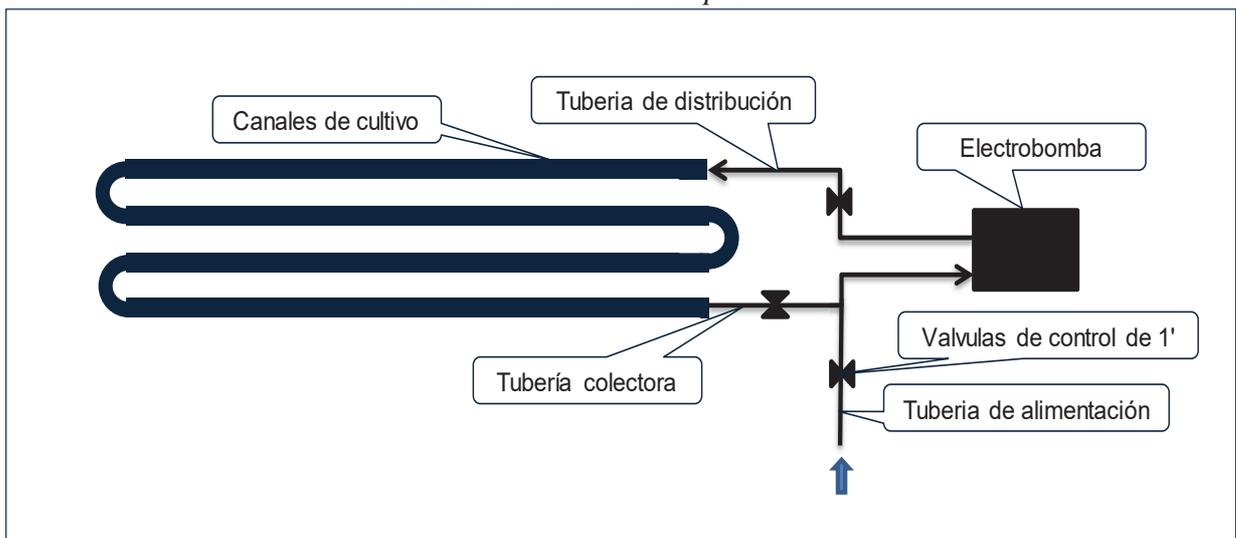


Gráfico 3: *Unidad hidropónica*



5.4.2.3. Factores y niveles evaluados.

— *Factor A*: dosis de soluciones nutritivas

- Dosis a_1 : 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua
- Dosis a_2 : 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua
- Dosis a_3 : 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua

— *Factor B*: variedad

- Variedad b1: Aromas
- Variedad b2: Oso negro
- Variedad b3: San Andreas

5.4.2.4. *Tratamientos evaluados*

Tabla 2: *Tratamientos evaluados*

Clav	Combinaci	Descripción de tratamientos
T ₁	a ₁ b ₁	Aromas + 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de
T ₂	a ₁ b ₂	Oso negro + 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de
T ₃	a ₁ b ₃	San Andreas + 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva
T ₄	a ₂ b ₁	Aromas + 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de
T ₅	a ₂ b ₂	Oso negro + 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de
T ₆	a ₂ b ₃	San Andreas + 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva
T ₇	a ₃ b ₁	Aromas + 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de
T ₈	a ₃ b ₂	Oso negro + 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de
T ₉	a ₃ b ₃	San Andreas + 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva

5.4.2.5. *Variables e indicadores evaluados*

En el siguiente cuadro se menciona en forma resumida las variables e indicadores considerados en la presente investigación.

Tabla 3: *Variables e indicadores*

Variables independientes	
Dosis de solución nutritiva	
Variedad	
Variables dependientes	
Rendimiento	Peso fresco del fruto por planta, g/planta
	Número de frutos por planta
	Peso fresco del fruto por planta, g/planta
	Número de frutos por planta
Características agronómicas	Diámetro del fruto, cm
	Altura de planta, cm
	Longitud de la raíz, cm

5.4.2.6. *Conducción del cultivo.*

- a) Enraizado de esquejes de fresa

El enraizado de esquejes de fresa fue realizado en una caja de madera de 4 m de largo por 1 m de ancho y una profundidad de 0.20 m con sustrato elaborado a base de mezcla de humus de lombriz y turba. La caja de enraizamiento fue instalado en el fitotoldo. Durante el enraizamiento se mantuvo la humedad del sustrato a capacidad de campo. Esta labor fue realizada del 26 de octubre al 07 de diciembre del 2017.

Fotografía 1: *Riego de cama de enraizamiento de esquejes*



b) Construcción de fitotoldo

El fitotoldo fue construido en las instalaciones de la Unidad de Lombricultura del Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA) de la Facultad de Ciencias Agrarias. Los materiales utilizados fueron rollizos de eucalipto, listones de madera de 2x3x10 pies, mallas rashell, plástico agrofilm y clavos. Las dimensiones del fitotoldo fueron: 14.0 m de largo y 7.0 m de ancho con una área total de 98 m², la altura de cumbrera fue de 3.5 m a dos aguas. Esa actividad fue realizada del 15 al 25 de noviembre del 2017.

Fotografía 2: *Construcción del fitotoldo*



Fotografía 3: *Fitotoldo concluido*



c) Instalación de unidades de hidroponía

Se instalaron tres unidades hidropónicas dentro del fitotoldo, los canales de cultivo fueron construidos con tubería PVC de 4", codos de PVC de 4" de 90° y tapones hembra de PVC de 4", los tubos fueron perforados cada 30 cm y con un diámetro de 5 cm para que puedan acomodarse los vasos plásticos con las plántulas de fresa. Los canales de cultivo fueron nivelados sobre caballetes de madera contruidos con rollizos y listones de madera, la nivelación de los tubos fue a pendiente cero con la finalidad de mantener la misma altura de película de la solución nutritiva a lo largo de todos los canales de cultivo.

Las líneas de distribución fueron instaladas con tubería PVC SAP de 1", codos de 1" de 90° y válvula de control de PVC de 1", esta tubería tuvo la finalidad de conducir la solución nutritiva desde la electrobomba hasta los canales de cultivo. Fueron instalados tres electrobombas de 0.5 Hp de potencia, uno para cada unidad hidropónica, con la finalidad de que se mantenga en circulación la solución nutritiva a través del sistema, al finalizar la instalación de las electrobombas fue necesario regular la cantidad de solución nutritiva en el sistema para que se mantenga 1 cm de distancia entre el espejo de la solución y el tubo, en la parte superior, con la finalidad de que pueda circular oxígeno a través de los canales de cultivo.

Finalmente fue necesario instalar las tuberías colectoras de cada unidad hidropónica con tubería PVC SAP de 1", codos de 1" de 90° y válvula de control de PVC de 1", esta tubería tuvo la finalidad de retornar la solución nutritiva de las canales de cultivo hacia la

electrobomba. Al finalizar la instalación de las tuberías fue necesario lavar con agua limpia mezclada con legía, a fin de eliminar las impurezas y basuras existentes de las campañas anteriores, esto con la ayuda de un hisopo de tela acondicionado por un alambre de construcción. Estas labores fueron realizadas desde el 25 de noviembre al 05 de diciembre del 2017.

Fotografía 4: *Instalación de los canales de cultivo*



Fotografía 5: *Electrobombas de 0.5 HP*



Fotografía 6: *Instalación de electrobomba*



Fotografía 7: *Instalación de canales de cultivo*



Fotografía 8: *Canales de cultivo instalado*



d) Incorporación y mezcla de la solución nutritiva

Inmediatamente antes del trasplante de las plántulas de fresa fue necesario poner en circulación el agua limpia en las tuberías, midiendo el volumen de ingreso, hasta nivelar la lámina de agua dentro de los canales de cultivo asegurándose de que existe 1 cm de distancia entre el espejo de agua y la tubería para facilitar la circulación de aire. Una vez regulado el flujo de agua en los canales de cultivo se agregó las dosis de solución nutritiva en las cantidades diseñadas por tratamiento. Esta labor fue realizada el 6 de diciembre del 2017.

Fotografía 9: *Soluciones nutritivas La Molina A y B*



Fotografía 10: *Dosificación de solución nutritiva*



Fotografía 11: *Adición de solución nutritiva la unidad de hidroponía*



e) *Trasplante de fresa*

Las plántulas de fresa enraizadas en las cajas fueron trasplantados cuando presentaron radículas de 1 cm de largo, las plántulas fueron retiradas de las cajas de enraizamiento y sus raíces fueron lavadas con agua limpia eliminando la tierra y el humus adheridos; luego cuidadosamente, la zona del cuello de la raíz fue envuelto con una tira de esponja de tela de 30 cm de largo x 3 cm de ancho, e inmediatamente fue colocado dentro de un vasito de plástico descartable abierto en su base; este último con la finalidad de dar soporte a las plantitas dentro de las tuberías hidropónicas. Esta labor fue realizada el 07 de diciembre del 2017.

Fotografía 12: *Envolviendo la raíz de la fresa con esponja de tela*



Fotografía 13: *Instalación de plántulas de fresa en los canales de cultivo*



Fotografía 14: *Plántulas de fresa instaladas en los canales de cultivo*



Fotografía 15: *Instalando plántula en vaso descartable*



f) Control fitosanitario

Fue necesario aplicar el fungicida Ridomil a una dosis de 40 g/15 l de agua con la finalidad de prevenir enfermedades fungosas. Esta labor fue realizada el 09 de enero del 2018.

Fotografía 16: *Fresa en floración*



g) Cosecha

La cosecha fue realizada considerando el indicador de cosecha más importante como es el color de los frutos, se considera el color rojo en el 80% del fruto como estado de cosecha comercial adecuado. Durante la cosecha se cortaron con una tijera a la altura del peciolo, dejando el cáliz adherida al fruto. Esta labor fue realizada del 02 al 30 de abril del 2018.

Fotografía 17: *Fresa en producción*



5.4.2.7. Evaluaciones

Las evaluaciones se realizaron del 28 al 30 de abril del 2018. Las evaluaciones en cada unidad experimental se realizaron sobre las 9 plantas de la unidad. Los indicadores evaluados fueron las siguientes:

a) **Peso fresco de frutos por planta**

Los frutos de cada planta fueron cosechados en forma individual y se pesaron en una balanza de precisión. Los datos fueron expresados en gramos de fruto por planta.

b) **Número de frutos por planta**

Al momento de cosechar los frutos se realizó el conteo manual de los mismos por cada planta y en cada unidad experimental. Los datos fueron registrados como número de frutos por planta.

c) **Peso fresco de residuos de cosecha**

Al finalizar la cosecha fue recogida los restos vegetales de cada planta y fue pesado en una balanza de precisión. Los datos fueron registrados como gramos de residuos frescos de cosecha por planta.

d) **Peso seco de residuos de cosecha**

Las muestras de residuos de cosecha por planta fueron llevadas al laboratorio de suelos, lugar en el cual fueron secados por 24 horas en una estufa a 105°C. Los resultados fueron registrados como gramos de residuos secos de cosecha por planta.

e) **Diámetro del fruto**

Para determinar el diámetro de fruto fue necesario obtener una muestra aleatoria por cada planta cosechada, se obtuvo un fruto por planta y se realizó la medición con regla provista de vernier en la parte más ancha del fruto. Los datos fueron registrados en cm.

f) **Altura de planta**

La altura de planta fue determinado midiendo la distancia existente entre el cuello de la planta y el ápice terminal. La información fue registrada en cm.

g) Longitud de la raíz

La longitud de la raíz por planta fue determinado midiendo la distancia existente entre el cuello de la planta y el ápice de la raíz más larga, fue necesario extraer todo el sistema radicular de planta e identificar la raíz principal o más larga. Los resultados fueron registrados en cm.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Rendimiento

6.1.1. Peso fresco de fruto por planta.

Tabla 4: Promedios para peso fresco de fruto por planta (g/planta)

Clave	Tratamiento	BLOQUES				Σyi..	Promedio
		I	II	III	IV		
T1	a ₁ b ₁	14.3	13.4	14.1	14.2	56.0	14.00
T2	a ₁ b ₂	16.2	16.1	15.9	16.0	64.2	16.05
T3	a ₁ b ₃	15.0	15.2	15.0	14.9	60.1	15.03
T4	a ₂ b ₁	20.0	20.1	19.8	19.6	79.5	19.88
T5	a ₂ b ₂	22.0	21.0	21.8	22.4	87.2	21.80
T6	a ₂ b ₃	24.0	23.8	23.7	24.1	95.6	23.90
T7	a ₃ b ₁	20.2	20.0	19.9	20.3	80.4	20.10
T8	a ₃ b ₂	22.0	22.2	21.9	21.9	88.0	22.00
T9	a ₃ b ₃	23.0	23.1	22.9	23.3	92.3	23.08
Σy.j.		176.7	174.9	175.0	176.7	703.3	
Promedio		19.6	18.3	18.4	18.5		19.5

Tabla 5: Prueba de normalidad para dosis de solución nutritiva - Programa SPSS

Dosis de solución nutritiva	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
a1	.167	12	.200*	.936	12	.442
a2	.187	12	.200*	.884	12	.099
a3	.220	12	.111	.866	12	.059

Considerando la dosis de solución nutritiva y según las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk los datos registrados muestran distribución normal, puesto que la significancia es mayor que el nivel de confianza de 0.05 y 0.01%.

Tabla 6: Prueba de normalidad para variedad - Programa SPSS

Variedad de fresa	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
b1	.373	12	.000	.686	12	.001
b2	.322	12	.001	.694	12	.001
b3	.370	12	.000	.685	12	.001

Considerando la variedad y según las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk los datos registrados no se ajustan a la distribución normal, puesto que el valor de significancia es menor que los valores de confianza del 0.05 y 0.01%.

Tabla 7: *Prueba de homogeneidad de varianzas para dosis de solución nutritiva*

Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1.221	2	33	.308
Se basa en la mediana	1.214	2	33	.310
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.214	2	32.832	.310
Se basa en la media recortada	1.199	2	33	.314

Tabla 8: *Prueba de homogeneidad de varianzas para variedad*

Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	2.783	2	33	.076
Se basa en la mediana	.219	2	33	.804
Se basa en la mediana y con gl ajustado	.219	2	30.862	.804
Se basa en la media recortada	2.246	2	33	.122

Considerando la dosis de solución nutritiva y la variedad y según el estadístico de Levene procesado en el programa SPSS los datos registrados para el indicador peso fresco de fruto por planta muestra varianzas homogéneas, puesto que la significación determinada es mayor a 0.05% y 0.01% niveles de confianza utilizados en la presente investigación.

Para confirmar la normalidad de los datos registrados se ha recurrido al programa EasyFit 5.5, los resultados mostrados corresponden a la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov en ella se observa que no se rechaza la hipótesis de que los datos pertenezcan a una distribución normal, por tanto se continúa con el análisis paramétrico de resultados.

Tabla 9: *Prueba de bondad de ajuste a función normal - Programa Easyfit 5.5*

Tamaño de la muestra	36				
Estadística	0.17396				
Valor P	0.201				
Rango	16				
σ (alfa)	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	0.17418	0.1991	0.22119	0.24732	0.26532
Rechazar?	No	No	No	No	No

Tabla 10: Cuadro Auxiliar AxB

	b₁	b₂	b₃	Σy_{i.}	Promedio
a₁	56.00	64.20	60.10	180.30	15.03
a₂	79.50	87.20	95.60	262.30	21.86
a₃	80.40	88.00	92.30	260.70	21.73
Σy_{j.}	215.90	239.40	248.00	703.30	
Prom.	17.99	19.95	20.67		19.54

Gráfico 4: Peso fresco de fruto (g/planta)

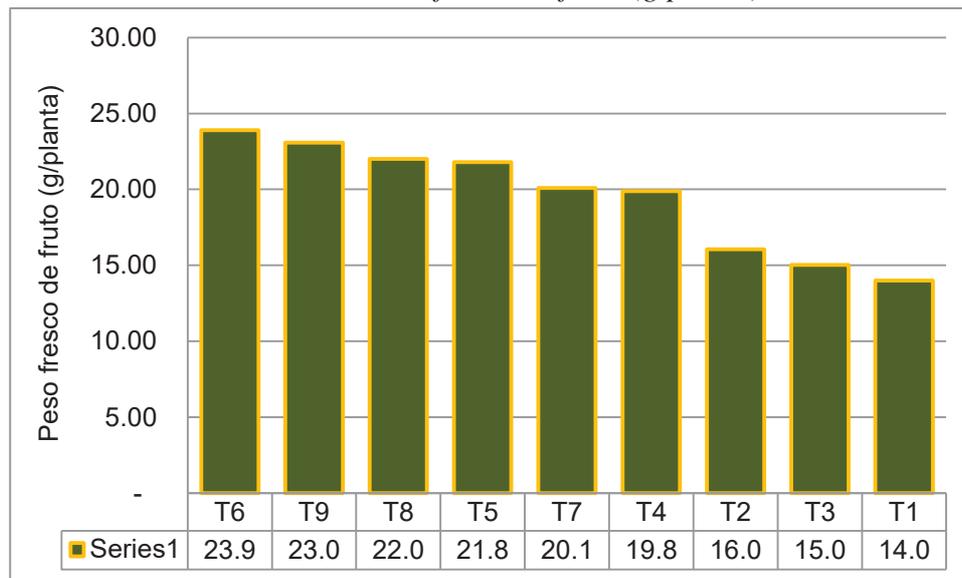


Tabla 11: Análisis de varianza para peso fresco de fruto por planta

F de V	GL	SC	CM	FC	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	0.34083333	0.11361	1.52	3.01	4.72	NS	NS
A	2	366.40888889	183.20444	2454.09	3.40	5.61	*	*
B	2	46.01722222	23.00861	308.21	3.40	5.61	*	*
AB	4	12.96444444	3.24111	43.42	2.78	4.22	*	*
Error	24	1.79166667	0.07465					
Total	35	427.52305556					CV	1.40%

En la tabla 11 se muestra el resultado del análisis de varianza efectuado para el indicador de rendimiento peso fresco de fruto por planta, en ella se observa lo siguiente:

La dosis de solución nutritiva La Molina (factor A) afecta el rendimiento de la fresa expresado como peso fresco de fruto por planta, puesto que existen diferencias significativas al 95 y 99% de confianza entre los tres niveles evaluados.

La variedad de fresa (factor B) evaluada en la presente investigación influye también sobre el rendimiento expresado como peso fresco de fruto por planta, puesto que existen diferencias significativas al 95 y 99% de probabilidad entre los tres niveles evaluado.

Existe interacción entre el factor A (dosis de solución nutritiva) y el factor B (variedad de fresa) puesto que existen diferencias significativas al 95 y 99% de probabilidad para la interacción AB.

Finalmente no existen diferencias estadísticas entre bloques, lo que significa que la distribución de los tratamientos en cada repetición fue homogéneo; el coeficiente de variabilidad de 1.40% refleja que los datos procesados muestran confiabilidad en sus resultados.

Debido a que existen diferencias altamente significativas entre dosis de soluciones nutritivas y variedades se ha realizado las pruebas de Tukey respectivas los cuales se analizan a continuación:

Tabla 12: Prueba de Tukey para factor A (dosis de solución nutritiva)

OM	Nivel	Promedios (g/planta)	ALS (t)		ALS (T) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	a ₂	21.86	0.28	0.36	a	a
II	a ₃	21.73	0.28	0.36	a	a
III	a ₁	15.03	0.28	0.36	b	b
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:	4.54 6	Error estándar:	0.0788737 3

La prueba comparativo de Tukey para dosis de soluciones nutritivas, indica que la dosis de 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua y 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua, con un rendimiento de 21.86 y 21.73 g/planta respectivamente, son superiores a la dosis 3 ml solución nutritiva A +1 ml solución nutritiva B/l de agua con solo 15.03 g/planta. Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos formulados por la UNA La Molina recomendada para el cultivo hidropónico de fresa bajo el sistema recirculante.

Tabla 13: Prueba de Tukey para factor B (variedad de fresa)

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01

I	b ₃	20.67	0.28	0.36	a	a
II	b ₂	19.95	0.28	0.36	b	b
III	b ₁	17.99	0.28	0.36	c	c
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:	4.546	Error estándar: 0.07887373	

La prueba de Tukey para variedad de fresa indica que la variedad San Andreas con un rendimiento de 20.67 g/planta es estadísticamente superior a la variedad Oso Negro con 19.95 g/planta y a la variedad Aromas con 17.99 g/planta al 95 y 99% de confianza. Esta superioridad se debe a la mejor adaptación que tiene la variedad San Andreas al sistema de cultivo hidropónico.

Tabla 14: *Análisis de varianza auxiliar*

F de V	GL	SC	CM	FC	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
A en b₁	2	95.70166667	47.85083	640.98	3.40	5.61	*	*
A en b₂	2	91.34000000	45.67000	611.77	3.40	5.61	*	*
A en b₃	2	192.33166667	96.16583	1288.17	3.40	5.61	*	*
Error	24	0.07465						

Según el análisis de varianza auxiliar presentado en la tabla 14 existe interacción entre las tres dosis de solución nutritiva evaluadas en la presente investigación para las tres variedades sembradas, esto ocurre al 95 y 99% de probabilidad.

Tabla 15: *Prueba de Tukey para factor A (solución nutritiva) en b₁ (variedad aromas)*

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T)α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	a ₃ b ₁	20.10	0.28	0.36	a	a
II	a ₂ b ₁	19.88	0.28	0.36	a	a
III	a ₁ b ₁	14.00	0.28	0.36	b	b
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:	4.546	Error estándar: 0.13661330	

La prueba de comparación de Tukey presentado en la tabla 15 indica que la dosis de 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución B/l de agua con un rendimiento promedio de 20.10 g/planta de fruto fresco y la dosis de 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un rendimiento de 19.88 g/planta de fruto fresco son estadísticamente iguales pero superiores a la dosis de 3 ml de solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua, cuando se siembra la variedad Aromas.

Por tanto cuando se siembra la variedad Aromas la dosis de 7 ml de solución A y 3 ml de solución B y la dosis de 5 ml de solución A más 2 ml de solución muestran mejor desempeño. Esto ocurre debido a la alta concentración de elementos nutritivos formulados por la UNA La Molina recomendada para el cultivo hidropónico de fresa bajo el sistema recirculante

Tabla 16: Prueba de Tukey para factor A (solución nutritiva) en b_2 (Variedad oso negro)

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α		
			0.05	0.01	0.05	0.01	
I	a_3b_2	22.00	0.28	0.36	a	a	
II	a_2b_2	21.80	0.28	0.36	a	a	
III	a_1b_2	16.05	0.28	0.36	b	b	
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.13661330	

La prueba de Tukey presentado en la tabla 16 muestra que la dosis de 7 ml de solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un rendimiento de 22.00 g/planta de fruto fresco y la dosis 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un rendimiento de 21.80 g/planta de fruto fresco son estadísticamente iguales pero superiores a la dosis de 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua), estos resultado se dan al 95 y 99% de confianza cuando se siembra la variedad Oso Negro. Por tanto la interacción entre la variedad oso negro y la dosis de 7 ml de solución A + 3 ml de solución B y la interacción de la variedad oso negro y la dosis de 5 ml de solución A + 2 ml de solución B muestra los mejores resultados.

Tabla 17: Prueba de Tukey para factor A (solución nutritiva) en b_3 (variedad San Andreas)

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α		
			0.05	0.01	0.05	0.01	
I	a_2b_3	23.90	0.28	0.36	a	a	
II	a_3b_3	23.08	0.28	0.36	b	b	
III	a_1b_3	15.03	0.28	0.36	c	c	
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.13661330	

La prueba de Tukey mostrado en la tabla 17 indica que la dosis de 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un rendimiento de 23.90 g/planta de fruto es estadísticamente superior a la dosis de 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua (nivel a_3) y la dosis 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua (nivel a_1) cuando se siembra la variedad San Andreas. Por tanto la

interacción entre la variedad San Andreas y la dosis de 5 ml de solución A + 2 ml de solución B muestra el mejor desempeño.

6.1.2. Números de fruto por planta

Tabla 18: Promedios para número de fruto por planta

Clave	Tratamiento	BLOQUES				Σyi..	Promedio
		I	II	III	IV		
T1	a ₁ b ₁	5.0	4.0	6.0	6.0	21.0	5.25
T2	a ₁ b ₂	8.0	8.0	7.0	8.0	31.0	7.75
T3	a ₁ b ₃	10.0	9.0	9.0	10.0	38.0	9.50
T4	a ₂ b ₁	10.0	12.0	10.0	9.0	41.0	10.25
T5	a ₂ b ₂	12.0	12.0	10.0	12.0	46.0	11.50
T6	a ₂ b ₃	15.0	14.0	15.0	14.0	58.0	14.50
T7	a ₃ b ₁	11.0	12.0	11.0	13.0	47.0	11.75
T8	a ₃ b ₂	11.0	12.0	13.0	10.0	46.0	11.50
T9	a ₃ b ₃	23.0	23.1	22.9	23.3	92.3	23.08
Σy.j.		105.0	106.1	103.9	105.3	420.3	
Promedio		11.7	9.8	9.5	9.8		11.68

Tabla 19: Prueba de normalidad para dosis de solución nutritiva - Programa SPSS

Dosis de solución nutritiva	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
a1	.186	12	.200*	.944	12	.547
a2	.183	12	.200*	.906	12	.192
a3	.332	12	.001	.728	12	.002

Considerando la dosis de solución nutritiva y según las pruebas de Kolmogorov -Smirnov y Shapiro-Wilk los datos registrados muestran distribución normal para los niveles a₁ y a₂, puesto que la significancia es mayor que el nivel de confianza de 0.05 y 0.01%, sin embargo para el nivel a₃ los datos no presentan distribución normal por cuanto la significancia es menor al 0.05% y 0.01%.

Tabla 20: Prueba de normalidad para variedad - Programa SPSS

Variedad de fresa	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
b1	.201	12	.194	.903	12	.174
b2	.220	12	.113	.887	12	.107
b3	.224	12	.100	.830	12	.021

Considerando la variedad y según las pruebas de Kolmogorov-Smirnov los datos registrados se ajustan a la distribución normal, puesto que el valor de significancia es mayor que los valores de confianza del 0.05 y 0.01%.

Tabla 21: *Prueba de homogeneidad de varianzas para dosis de solución nutritiva*

Estadístico de Levene		g1	g2	Sig.
Se basa en la media	5.102	2	33	.012
Se basa en la mediana	1.382	2	33	.265
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.382	2	24.739	.270
Se basa en la media recortada	4.781	2	33	.015

Tabla 22: *Prueba de homogeneidad de varianzas para variedad*

Estadístico de Levene		g1	g2	Sig.
Se basa en la media	2.922	2	33	.068
Se basa en la mediana	1.355	2	33	.272
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.355	2	23.230	.278
Se basa en la media recortada	2.626	2	33	.087

Considerando la dosis de solución nutritiva y según el estadístico de Levene las varianzas no son homogéneas puesto que la significación determinada es menor a 0.05% y 0.01%. Considerando la variedad y según el estadístico de Levene las varianzas son homogéneas puesto que el valor de la significancia es mayor a 0.05 y 0.01% de confianza.

Para confirmar la normalidad de los datos registrados se ha recurrido al programa EasyFit 5.5, los resultados mostrados corresponden a la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov en ella se observa que no se rechaza la hipótesis de que los datos pertenezcan a una distribución normal, a un nivel de significancia de 0.1, 0.05, 0.02 y 0.01%, por tanto se continúa con el análisis paramétrico de resultados.

Tabla 23: *Prueba de bondad de ajuste a función normal - Programa Easyfit 5.5*

Tamaño de la muestra						36
Estadística						0.19557
Valor P						0.11094
Rango						47
σ (alfa)	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	
Valor crítico	0.17418	0.1991	0.22119	0.24732	0.26532	
Rechazar?	Sí	No	No	No	No	

Tabla 24: Cuadro Auxiliar AxB

	b₁	b₂	b₃	Σy_{i.}	Promedio
a₁	21.00	31.00	38.00	90.00	7.50
a₂	41.00	46.00	58.00	145.00	12.08
a₃	47.00	46.00	92.30	185.30	15.44
Σy._{j.}	109.00	123.00	188.30	420.30	
Prom.	9.08	10.25	15.69		11.68

Gráfico 5: Número de frutos por planta

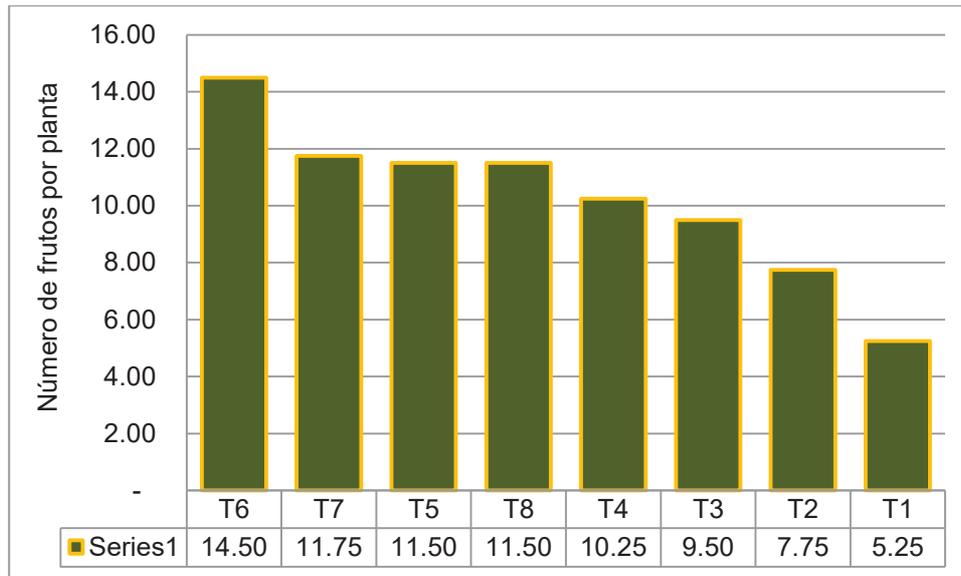


Tabla 25: Análisis de varianza para número de fruto por planta

F de V	GL	SC	CM	FC	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	0.27638889	0.09213	0.11	3.01	4.72	NS	NS
A	2	381.42166667	190.71083	219.93	3.40	5.61	*	*
B	2	298.57166667	149.28583	172.16	3.40	5.61	*	*
AB	4	125.82666667	31.45667	36.28	2.78	4.22	*	*
Error	24	20.81111111	0.86713					
Total	35	826.90750000					CV	7.98%

EL indicador de rendimiento número de frutos por planta se ve afectado por la dosis de solución nutritiva La Molina utilizada y por la variedad sembrada puesto que según el análisis de varianza mostrado en la tabla 25 existe alta significación entre los niveles evaluados. Además se observa que existe interacción entre la dosis de solución utilizada y la variedad sembrada puesto que existen diferencias significativas al 95 y 99% de probabilidad. Finalmente no existen diferencias estadísticas entre bloques, lo que significa que la distribución de los tratamientos en cada repetición fue homogéneo; el coeficiente de

variabilidad de 7.98% refleja que los datos procesados muestran confiabilidad en sus resultados.

La prueba de Tukey mostrado en la tabla 26 indica que la dosis de 7 ml de solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 15.44 frutos/planta es estadísticamente superior al 95 y 99% de confianza a la dosis de 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua) con 12.08 frutos/planta y a la dosis de 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua) con 7.5 frutos/planta.

Tabla 26: Prueba de Tukey para factor A

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	a ₃	15.44	0.95	1.22	a	a
II	a ₂	12.08	0.95	1.22	b	b
III	a ₁	7.50	0.95	1.22	c	c
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:	4.546	Error estándar: 0.26881369	

Según la prueba de Tukey mostrado en la tabla 27 la variedad San Andreas con un promedio de 15.69 frutos/planta es estadísticamente superior a la variedad Oso Negro con 10.25 frutos/planta y a la variedad Aromas con un promedio de 9.08 frutos/planta con un 95 y 99% de probabilidad.

Tabla 27: Prueba de Tukey para factor B

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	b ₃	15.69	0.95	1.22	a	a
II	b ₂	10.25	0.95	1.22	b	b
III	b ₁	9.08	0.95	1.22		b
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:	4.546	Error estándar: 0.26881369	

El análisis de varianza auxiliar mostrado en la tabla 28 indica que existe interacción en los niveles de la dosis de solución nutritiva cuando se siembran las variedades Aromas, Oso negro y San Andreas, puesto que existen diferencias significativas al 95 y 99% de confianza.

Tabla 28: *Análisis de varianza auxiliar*

F de V	GL	SC	CM	FC	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
A en b ₁	2	92.66666667	46.333333	53.43	3.40	5.61	*	*
A en b ₂	2	37.50000000	18.750000	21.62	3.40	5.61	*	*
A en b ₃	2	377.08166667	188.54083	217.43	3.40	5.61	*	*
Error	24		0.86713					

La prueba de Tukey presentado en la tabla 29 indica que la dosis de 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un rendimiento 11.75 frutos/planta es estadísticamente superior a la dosis de 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua y a la dosis de 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua) cuando se siembra la variedad Aromas. Por tanto la interacción entre la variedad Aromas y la dosis de 7 ml de solución A + 3 ml de solución B muestra el mejor desempeño para este indicador.

Tabla 29: *Prueba de Tukey para factor A en b₁ (variedad aromas)*

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T)α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	a ₃ b ₁	11.75	0.95	1.22	a	a
II	a ₂ b ₁	10.25	0.95	1.22	b	b
III	a ₁ b ₁	5.25	0.95	1.22	c	c
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.46559898

La prueba de Tukey presentado en la tabla 30 indica que la dosis de 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 11.50 frutos/planta y la dosis de 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua) con 11.50 frutos/planta son estadísticamente iguales pero superiores a la dosis de 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua al 95 y 99% de confianza, cuando se siembra la variedad Oso Negro. La interacción entre la variedad oso negro y la dosis de 7 ml de solución A + 3 ml de solución B y la dosis de 5 ml de solución A + 2 ml de solución B muestra mejor desempeño para el indicador número de frutos por planta.

Tabla 30: *Prueba de Tukey para factor A en b₂ (variedad oso negro)*

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T)α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	a ₃ b ₂	11.50	0.95	1.22	a	a
II	a ₂ b ₂	11.50	0.95	1.22	a	a
III	a ₁ b ₂	7.75	0.95	1.22	b	b
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.46559898

La prueba de Tukey presentado en la tabla 31 indica que la dosis de 7 ml de solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 23.08 frutos/planta es estadísticamente superior al 95 y 99% de probabilidad a la dosis de 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con promedio de 14.50 frutos/planta y a la dosis 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua, cuando se siembra la variedad San Andreas. La interacción de la variedad San Andreas y la dosis de 7 ml de solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua muestran mejor resultado para este indicador.

Tabla 31: Prueba de Tukey para factor A en b₃ (variedad San Andreas)

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	a ₃ b ₃	23.08	0.95	1.22	a	a
II	a ₂ b ₃	14.50	0.95	1.22	b	b
III	a ₁ b ₃	9.50	0.95	1.22	c	c
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.46559898

6.1.3. Peso fresco de residuos de cosecha por planta.

Tabla 32: Promedios para peso fresco de residuos de cosecha (g/planta)

Clave	Tratamiento	BLOQUES				$\Sigma y_i..$	Promedio
		I	II	III	IV		
T1	a ₁ b ₁	25.0	24.0	25.0	24.0	98.0	24.50
T2	a ₁ b ₂	30.0	30.0	29.0	29.0	118.0	29.50
T3	a ₁ b ₃	40.0	41.0	39.0	40.0	160.0	40.00
T4	a ₂ b ₁	42.0	41.0	43.0	43.0	169.0	42.25
T5	a ₂ b ₂	45.0	44.0	46.0	45.0	180.0	45.00
T6	a ₂ b ₃	38.0	39.0	38.0	38.0	153.0	38.25
T7	a ₃ b ₁	43.0	44.0	43.0	43.0	173.0	43.25
T8	a ₃ b ₂	44.0	43.0	44.0	43.0	174.0	43.50
T9	a ₃ b ₃	23.0	23.0	22.0	23.0	91.0	22.75
$\Sigma y_{.j}$.		330.0	329.0	329.0	328.0	1,316.0	
Promedio		36.7	36.5	36.7	36.5		36.56

Tabla 33: Prueba de normalidad para dosis de solución nutritiva - Programa SPSS

Dosis de solución nutritiva	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
a1	.245	12	.046	.832	12	.022
a2	.162	12	.200*	.897	12	.144
a3	.405	12	.000	.647	12	.000

Considerando la dosis de solución nutritiva y según las pruebas de Kolmogorov -Smirnov y Shapiro-Wilk los datos registrados muestran distribución normal para el nivel α_2 , puesto que la significancia es mayor que el nivel de confianza de 0.05 y 0.01%, sin embargo para los niveles α_1 y α_3 los datos no presentan distribución normal por cuanto la significancia es menor al 0.05% y 0.01%.

Tabla 34: *Prueba de normalidad para variedad - Programa SPSS*

Variedad de fresa	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
b1	.351	12	.000	.674	12	.000
b2	.359	12	.000	.713	12	.001
b3	.370	12	.000	.710	12	.001

Considerando la variedad y según las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk los datos registrados no se ajustan a la distribución normal, puesto que el valor de significancia es menor que los valores de confianza del 0.05 y 0.01%.

Tabla 35: *Prueba de homogeneidad de varianzas para dosis de solución nutritiva*

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	19.582	2	33	.000
Se basa en la mediana	2.084	2	33	.141
Se basa en la mediana y con gl ajustado	2.084	2	14.862	.159
Se basa en la media recortada	16.576	2	33	.000

Tabla 36: *Prueba de homogeneidad de varianzas para variedad*

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	2.229	2	33	.124
Se basa en la mediana	.177	2	33	.839
Se basa en la mediana y con el ajustado	.177	2	30.503	.839
Se basa en la media recortada	1.795	2	33	.182

Considerando la dosis de solución nutritiva y según el estadístico de Levene las varianzas no son homogéneas puesto que la significación determinada es menor a 0.05% y 0.01%. Considerando la variedad y según el estadístico de Levene las varianzas son homogéneas puesto que el valor de la significancia es mayor a 0.05 y 0.01% de confianza.

Para confirmar la normalidad de los datos registrados se ha recurrido al programa EasyFit 5.5, los resultados mostrados corresponden a la prueba de bondad de ajuste de

Kolmogorov-Smirnov en ella se observa que se rechaza la hipótesis de que los datos pertenezcan a una distribución normal, a un nivel de significancia de 0.2, 0.1, 0.05 %, por tanto no puede ejecutarse el análisis paramétrico de resultados.

Tabla 37: Prueba de bondad de ajuste a función normal - Programa Easyfit 5.5

Tamaño de la muestra						36
Estadística						0.23589
Valor P						0.03025
Rango						22
σ (alfa)	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	
Valor crítico	0.17418	0.1991	0.22119	0.24732	0.26532	
Rechazar?	Sí	Sí	Sí	No	No	

6.1.4. Peso seco de residuos de cosecha por planta.

Tabla 38: Promedios para peso seco de residuos de cosecha (g/planta)

Clave	Tratamiento	BLOQUES				$\Sigma y_{i..}$	Promedio
		I	II	III	IV		
T1	a ₁ b ₁	8.0	8.0	8.0	8.0	32.0	8.00
T2	a ₁ b ₂	10.0	10.0	10.0	10.0	40.0	10.00
T3	a ₁ b ₃	14.0	14.0	14.0	14.0	56.0	14.00
T4	a ₂ b ₁	15.0	14.0	15.0	15.0	59.0	14.75
T5	a ₂ b ₂	16.0	16.0	17.0	16.0	65.0	16.25
T6	a ₂ b ₃	13.0	13.0	13.0	13.0	52.0	13.00
T7	a ₃ b ₁	15.0	15.0	15.0	15.0	60.0	15.00
T8	a ₃ b ₂	15.0	14.0	15.0	14.0	58.0	14.50
T9	a ₃ b ₃	8.0	8.0	7.0	8.0	31.0	7.75
$\Sigma v.i.$		114.0	112.0	114.0	113.0	453.0	
Promedio		12.7	12.5	12.8	12.7		12.58

Tabla 39: Prueba de normalidad para dosis de solución nutritiva - Programa SPSS

Dosis de solución nutritiva	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
a1	.268	12	.018	.782	12	.006
a2	.211	12	.148	.878	12	.082
a3	.342	12	.000	.691	12	.001

Considerando la dosis de solución nutritiva y según las pruebas de Kolmogorov -Smirnov y Shapiro-Wilk los datos registrados muestran distribución normal para el nivel a₂, puesto que la significancia es mayor que el nivel de confianza de 0.05 y 0.01%, sin embargo para los niveles a₁ y a₃ los datos no presentan distribución normal por cuanto la significancia es menor al 0.05% y 0.01%.

Tabla 40: Prueba de normalidad para variedad - Programa SPSS

Variedad de fresa	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
b1	.345	12	.000	.639	12	.000
b2	.235	12	.067	.813	12	.013
b3	.356	12	.000	.737	12	.002

Considerando la variedad y según las pruebas de Kolmogorov-Smirnov los datos registrados no se ajustan a la distribución normal para los niveles de b₁ y b₃ puesto que el valor de significancia es menor que los valores de confianza del 0.05 y 0.01%, mientras que para el nivel b₂ los datos se ajustan a la distribución normal puesto que el valor de la significancia es mayor al 0.05 y 0.01%.

Tabla 41: Prueba de homogeneidad de varianzas para dosis de solución nutritiva

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	12.580	2	33	.000
Se basa en la mediana	1.973	2	33	.155
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.973	2	17.137	.169
Se basa en la media recortada	10.476	2	33	.000

Considerando la dosis de solución nutritiva y según el estadístico de Levene las varianzas no son homogéneas puesto que la significación determinada es menor a 0.05% y 0.01%.

Tabla 42: Prueba de homogeneidad de varianzas para variedad

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	2.320	2	33	.114
Se basa en la mediana	.092	2	33	.912
Se basa en la mediana y con gl ajustado	.092	2	26.479	.912
Se basa en la media recortada	1.815	2	33	.179

Considerando la variedad y según el estadístico de Levene las varianzas son homogéneas puesto que el valor de la significancia es mayor a 0.05 y 0.01% de confianza.

Para confirmar la normalidad de los datos registrados se ha recurrido al programa EasyFit 5.5, los resultados mostrados corresponden a la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov en ella se observa que se rechaza la hipótesis de que los datos

pertenezcan a una distribución normal, a una significancia de 0.2, 0.1, 0.05 %, por tanto no puede ejecutarse el análisis paramétrico de resultados.

Tabla 43: Prueba de bondad de ajuste a función normal - Programa Easyfit 5.5

Tamaño de la muestra						36
Estadística						0.23411
Valor P						0.03221
Rango						25
σ (alfa)	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	
Valor crítico	0.17418	0.1991	0.22119	0.24732	0.26532	
Rechazar?	Sí	Sí	Sí	No	No	

6.2. Características agronómicas

6.2.1. Diámetro polar de fruto, en cm

Tabla 44: Promedios para diámetro polar de fruto

Clave	Tratamiento	BLOQUES				$\Sigma y_i..$	Promedio
		I	II	III	IV		
T1	a ₁ b ₁	3.2	3.3	3.4	3.1	13.0	3.25
T2	a ₁ b ₂	3.5	3.5	3.6	3.7	14.3	3.58
T3	a ₁ b ₃	3.8	3.9	3.7	3.8	15.2	3.80
T4	a ₂ b ₁	4.1	4.2	4.1	4.1	16.5	4.13
T5	a ₂ b ₂	4.5	4.4	4.6	4.5	18.0	4.50
T6	a ₂ b ₃	5.0	5.3	5.2	5.2	20.7	5.18
T7	a ₃ b ₁	4.2	4.3	4.3	4.2	17.0	4.25
T8	a ₃ b ₂	4.4	4.3	4.3	4.4	17.4	4.35
T9	a ₃ b ₃	4.8	4.6	4.6	4.7	18.7	4.68
$\Sigma v.i.$		37.5	37.8	37.8	37.7	150.8	
Promedio		4.2	4.1	4.1	4.1		4.19

Tabla 45: Prueba de normalidad para dosis de solución nutritiva - Programa SPSS

Dosis de solución nutritiva	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
a1	.150	12	,200*	.957	12	.745
a2	.169	12	,200*	.869	12	.064
a3	.233	12	.070	.883	12	.095

Considerando la dosis de solución nutritiva y según las pruebas de Kolmogorov -Smirnov y Shapiro-Wilk los datos registrados muestran distribución normal para todos los niveles, puesto que la significancia es mayor que el nivel de confianza de 0.05 y 0.01%.

Tabla 46: Prueba de normalidad para variedad - Programa SPSS

Variedad de fresa	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
b1	.350	12	.000	.769	12	.004

b2	.310	12	.002	.794	12	.008
b3	.200	12	,200*	.877	12	.081

Considerando la variedad y según las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk los datos registrados no se ajustan a la distribución normal para los niveles de b_1 y b_2 puesto que el valor de significancia es menor que los valores de confianza del 0.05 y 0.01%, mientras que para el nivel b_3 los datos se ajustan a la distribución normal puesto que el valor de la significancia es mayor al 0.05 y 0.01%.

Tabla 47: *Prueba de homogeneidad de varianzas para dosis de solución nutritiva*

Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	4.144	2	33	.025
Se basa en la mediana	3.029	2	33	.062
Se basa en la mediana y con gl ajustado	3.029	2	25.700	.066
Se basa en la media recortada	4.081	2	33	.026

Considerando la dosis de solución nutritiva y según el estadístico de Levene las varianzas no son homogéneas puesto que la significación determinada es menor a 0.05% y 0.01%.

Tabla 48: *Prueba de homogeneidad de varianzas para variedad*

Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	.525	2	33	.596
Se basa en la mediana	.270	2	33	.765
Se basa en la mediana y con gl ajustado	.270	2	31.099	.765
Se basa en la media recortada	.463	2	33	.633

Considerando la variedad y según el estadístico de Levene las varianzas son homogéneas puesto que el valor de la significancia es mayor a 0.05 y 0.01% de confianza.

Para confirmar la normalidad de los datos registrados se ha recurrido al programa EasyFit 5.5, los resultados mostrados corresponden a la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov en ella se observa que no se rechaza la hipótesis de que los datos pertenezcan a una distribución normal, a una significancia de 0.2, 0.1, 0.05, 0.02 y 0.01 %, por tanto debe realizarse el análisis paramétrico de resultados.

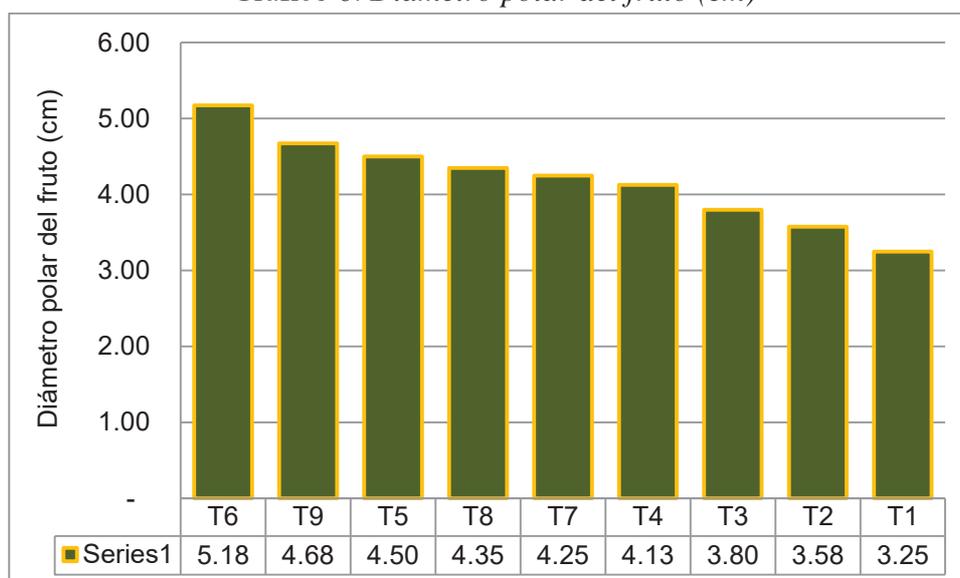
Tabla 49: Prueba de bondad de ajuste a función normal - Programa Easyfit 5.5

Tamaño de la muestra						36
Estadística						0.10428
Valor P						0.7906
Rango						15
σ (alfa)	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	
Valor crítico	0.17418	0.1991	0.22119	0.24732	0.26532	
Rechazar?	No	No	No	No	No	

Tabla 50: Cuadro Auxiliar AxB

	b₁	b₂	b₃	$\Sigma y_{i..}$	Promedio
a₁	13.00	14.30	15.20	42.50	3.54
a₂	16.50	18.00	20.70	55.20	4.60
a₃	17.00	17.40	18.70	53.10	4.43
$\Sigma y_{.j}$	46.50	49.70	54.60	150.80	
Prom.	3.88	4.14	4.55		4.19

Gráfico 6: Diámetro polar del fruto (cm)



La dosis de solución nutritiva La Molina utilizada en la presente investigación y la variedad de fresa sembrada afectan el diámetro polar del fruto puesto que existen diferencias significativas al 95 y 99% de confianza entre los niveles de ambos factores, tal como se muestra en la tabla 51 análisis de varianza. Existe interacción altamente significativa entre las dosis de solución nutritiva y la variedad sembrada. No existe diferencias significativas entre los bloques del experimento lo cual significa que los tratamientos fueron adecuadamente distribuidos, por otra parte el coeficiente de variabilidad es de 2.25% lo cual refleja que los datos procesados muestran confiabilidad en sus resultados.

Tabla 51: Análisis de varianza para diámetro polar de fruto

F de V	GL	SC	CM	FC	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	0.00666667	0.00222	0.25	3.01	4.72	NS	NS
A	2	7.72388889	3.86194	434.47	3.40	5.61	*	*
B	2	2.77388889	1.38694	156.03	3.40	5.61	*	*
AB	4	0.49777778	0.12444	14.00	2.78	4.22	*	*
Error	24	0.21333333	0.00889					
Total	35	11.21555556					CV	2.25%

La prueba de Tukey mostrado en la tabla 52 indica que la dosis 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 4.6 cm de diámetro polar es estadísticamente superior al 95 y 99% de confianza a la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 4.43 cm de diámetro polar y a la dosis de 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua) con un promedio de 3.54 cm de diámetro polar.

Tabla 52: Prueba de Tukey para factor A

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	a ₂	4.60	0.10	0.12	a	a
II	a ₃	4.43	0.10	0.12	b	b
III	a ₁	3.54	0.10	0.12		
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.02721655

Según la prueba de Tukey presentado en la tabla 53 muestra que la variedad San Andreas con un promedio de 4.55 cm de diámetro polar es estadísticamente superior al 95 y 99% de confianza a la variedad Oso Negro con un promedio de 4.14 cm de diámetro polar y a la variedad Aromas con un promedio de 3.88 cm de diámetro polar.

Tabla 53: Prueba de Tukey para factor B

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	b ₃	4.55	0.10	0.12	a	a
II	b ₂	4.14	0.10	0.12	b	b
III	b ₁	3.88	0.10	0.12		
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.02721655

En el análisis de varianza auxiliar mostrado en la tabla 54 se observa que existen diferencias significativas al 95 y 99% de confianza entre los niveles de la dosis de solución nutritiva cuando se siembra las variedades Aromas, Oso Negro y San Andreas.

Tabla 54: *Análisis de varianza auxiliar*

F de V	GL	SC	CM	FC	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
A en b ₁	2	2.37500000	1.18750	133.59	3.40	5.61	*	*
A en b ₂	2	1.97166667	0.98583	110.91	3.40	5.61	*	*
A en b ₃	2	3.87500000	1.93750	217.97	3.40	5.61	*	*
Error	24		0.00889					

La prueba de Tukey mostrado en la tabla 55 indica que cuando se siembra la variedad Aromas la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 4.25 cm de diámetro polar es estadísticamente superior al 95 y 99% de probabilidad a la dosis de 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 4.13 cm de diámetro polar y a la dosis 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 3.25 cm de diámetro polar. La interacción entre la variedad Aromas y la dosis de 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua muestra mejor desempeño para este indicador.

Tabla 55: *Prueba de Tukey para factor A en b₁ (variedad Aromas)*

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T)α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	a ₃ b ₁	4.25	0.10	0.12	a	a
II	a ₂ b ₁	4.13	0.10	0.12	b	b
III	a ₁ b ₁	3.25	0.10	0.12	c	c
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.04714045

La dosis de 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 4.50 cm de diámetro polar es estadísticamente superior al 95 y 99% de confianza a la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 4.35 cm de diámetro polar nivel y a la dosis 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 3.58 cm de diámetro polar. Según la prueba de Tukey mostrado en la tabla 56. La interacción entre la variedad oso negro y la dosis de 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua muestran mejor desempeño para este indicador.

Tabla 56: Prueba de Tukey para factor A en b_2 (variedad oso negro)

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	a ₂ b ₂	4.50	0.10	0.12	a	a
II	a ₃ b ₂	4.35	0.10	0.12	b	b
III	a ₁ b ₂	3.58	0.10	0.12	c	c
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.04714045

La prueba de Tukey mostrado en la tabla 57 indica que la dosis de 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 5.18 cm de diámetro polar es estadísticamente superior al 95 y 99% de confianza a la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 4.68 cm y a la dosis 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 3.80 cm de diámetro polar. La interacción de la variedad San Andreas con dosis de 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua muestran un mejor desempeño para este indicador.

Tabla 57: Prueba de Tukey para factor A en b_3 (variedad San Andreas)

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	a ₂ b ₃	5.18	0.10	0.12	a	a
II	a ₃ b ₃	4.68	0.10	0.12	b	b
III	a ₁ b ₃	3.80	0.10	0.12	c	c
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.04714045

6.2.2. Altura de planta (cm)

Tabla 58: Promedio para altura de planta (cm)

Clave	Tratamiento	BLOQUES				$\Sigma y_i..$	Promedio
		I	II	III	IV		
T1	a ₁ b ₁	12.3	12.4	11.9	11.8	48.4	12.10

T2	a ₁ b ₂	17.0	17.1	17.0	16.9	68.0	17.00
T3	a ₁ b ₃	15.0	15.2	15.1	15.0	60.3	15.08
T4	a ₂ b ₁	21.0	21.5	21.4	21.0	84.9	21.23
T5	a ₂ b ₂	26.0	25.6	25.5	27.0	104.1	26.03
T6	a ₂ b ₃	24.3	24.4	24.1	23.9	96.7	24.18
T7	a ₃ b ₁	22.0	22.2	22.4	21.8	88.4	22.10
T8	a ₃ b ₂	25.0	25.2	24.9	25.0	100.1	25.03
T9	a ₃ b ₃	23.0	23.1	23.2	23.0	92.3	23.08
Σy.j.		185.6	186.7	185.5	185.4	743.2	
Promedio		20.6	19.4	19.2	19.3		20.64

Tabla 59: Prueba de normalidad para dosis de solución nutritiva - Programa SPSS

Dosis de solución nutritiva	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
a1	.218	12	.119	.844	12	.031
a2	.197	12	.200*	.901	12	.163
a3	.229	12	.083	.859	12	.048

Considerando la dosis de solución nutritiva y según las pruebas de Kolmogorov -Smirnov los datos registrados muestran distribución normal para los tres niveles puesto que la significancia es mayor que el nivel de confianza de 0.05 y 0.01%.

Tabla 60: Prueba de normalidad para variedad - Programa SPSS

Variedad de fresa	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
b1	.370	12	.000	.693	12	.001
b2	.366	12	.000	.718	12	.001
b3	.367	12	.000	.699	12	.001

Considerando la variedad y según las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk los datos registrados no se ajustan a la distribución normal para los tres niveles puesto que el valor de significancia es menor que los valores de confianza del 0.05 y 0.01%.

Tabla 61: Prueba de homogeneidad de varianzas para dosis de solución nutritiva

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	7.574	2	33	.002
Se basa en la	3.801	2	33	.033
Se basa en la mediana y con el recortado	3.801	2	21.474	.039
Se basa en la media	7.146	2	33	.003

Considerando la dosis de solución nutritiva y según el estadístico de Levene las varianzas no son homogéneas puesto que la significación determinada es menor a 0.05% y 0.01%.

Tabla 62: Prueba de homogeneidad de varianzas para variedad

Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	2.936	2	33	.067
Se basa en la	.260	2	33	.772
Se basa en la mediana y con gl	.260	2	29.510	.773
Se basa en la media recortada	2.374	2	33	.109

Considerando la variedad y según el estadístico de Levene las varianzas son homogéneas puesto que el valor de la significancia es mayor a 0.05 y 0.01% de confianza.

Para confirmar la normalidad de los datos registrados se ha recurrido al programa EasyFit 5.5, los resultados mostrados corresponden a la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov en ella se observa que no se rechaza la hipótesis de que los datos pertenezcan a una distribución normal, a una significancia de 0.1, 0.05, 0.02 y 0.01 %, por tanto debe realizarse el análisis paramétrico de resultados.

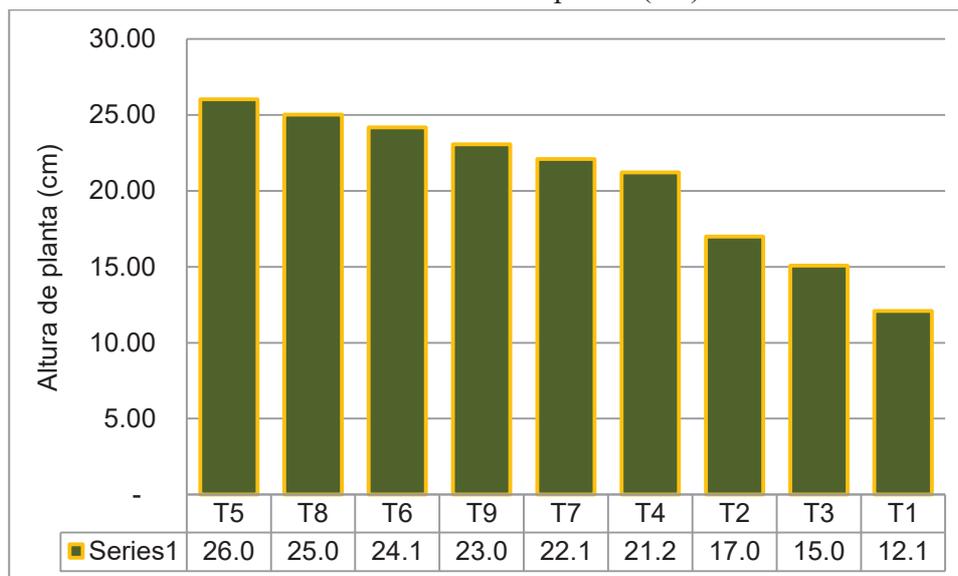
Tabla 63: Prueba de bondad de ajuste a función normal - Programa Easyfit 5.5

Tamaño de la muestra						36
Estadística						0.19733
Valor P						0.10535
Rango						22
σ (alfa)	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	
Valor crítico	0.17418	0.1991	0.22119	0.24732	0.26532	
Rechazar?	Sí	No	No	No	No	

Tabla 64: Cuadro Auxiliar AxB

	b₁	b₂	b₃	Σvi..	Promedio
a₁	48.40	68.00	60.30	176.70	14.73
a₂	84.90	104.10	96.70	285.70	23.81
a₃	88.40	100.10	92.30	280.80	23.40
Σy.j.	221.70	272.20	249.30	743.20	
Prom.	18.48	22.68	20.78		20.64

Gráfico 7: Altura de planta (cm)



La altura de planta se ve afectado por la dosis de solución La Molina utilizada en la presente investigación así como por la variedad sembrada puesto que existen diferencias significativas al 95 y 99% de confianza entre los niveles de ambos factores, tal como se muestra en la tabla 65 de análisis de varianza. Existe interacción altamente significativa entre la dosis de solución nutritiva y la variedad utilizada. No existen diferencias significativas entre los bloques del experimento lo cual indica que los tratamientos fueron distribuidos adecuadamente en el campo experimental. El coeficiente de variabilidad es de 1.47% valor aceptado dentro de la experimentación puesto que los datos son fiables.

Tabla 65: Análisis de varianza para altura de planta

F de V	GL	SC	CM	FC	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	0.12222222	0.04074	0.44	3.01	4.72	NS	NS
A	2	631.71722222	315.85861	3410.42	3.40	5.61	*	*
B	2	106.56722222	53.28361	575.32	3.40	5.61	*	*
AB	4	6.81944444	1.70486	18.41	2.78	4.22	*	*
Error	24	2.22277778	0.09262					
Total	35	747.44888889					CV	1.47%

La prueba de Tukey mostrado en la tabla 66 indica que la dosis 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 23.81 cm de altura de planta es estadísticamente superior al 95 y 99% de confianza a la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 23.40 cm de altura de planta y a la dosis 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 14.73 cm de altura de planta.

Tabla 66: Prueba de Tukey para factor A

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α		
			0.05	0.01	0.05	0.01	
I	a ₂	23.81	0.31	0.40	a	a	
II	a ₃	23.40	0.31	0.40	b	b	
III	a ₁	14.73	0.31	0.40			
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.08785203	

La variedad Oso Negro con un promedio de 22.68 cm de altura de planta es estadísticamente superior al 95 y 99% de confianza a la variedad San Andreas con un promedio de 20.78 cm de altura de planta y a la variedad Aromas con un promedio de 18.48 cm de altura de planta. Tal como indica la prueba de Tukey mostrado en la tabla 67.

Tabla 67: Prueba de Tukey para factor B

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α		
			0.05	0.01	0.05	0.01	
I	b ₂	22.68	0.31	0.40	a	a	
II	b ₃	20.78	0.31	0.40	b	b	
III	b ₁	18.48	0.31	0.40			
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.08785203	

En el análisis de varianza auxiliar mostrado en la tabla 68 se observa que existen diferencias significativas al 95 y 99% de confianza entre los niveles de la dosis de solución nutritiva cuando se siembra las variedades Aromas, Oso Negro y San Andreas.

Tabla 68: Análisis de varianza auxiliar

F de V	GL	SC	CM	FC	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
A en b ₁	2	245.37500000	122.68750	1324.69	3.40	5.61	*	*
A en b ₂	2	195.80166667	97.90083	1057.06	3.40	5.61	*	*
A en b ₃	2	197.36000000	98.68000	1065.48	3.40	5.61	*	*
Error	24		0.09262					

Según la prueba de Tukey mostrado en la tabla 69 cuando se siembra la variedad Aromas la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 22.10 cm de altura de planta es estadísticamente superior al 95 y 99% de confianza a la dosis 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 21.23 cm de altura de planta y a la dosis 3 ml solución nutritiva A + 1 ml

solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 12.10 cm de altura de planta. La interacción de la variedad aromas y la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua muestra un mejor resultado para este indicador.

Tabla 69: Prueba de Tukey para factor A en b_1 (variedad Aromas)

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	a ₃ b ₁	22.10	0.31	0.40	a	a
II	a ₂ b ₁	21.23	0.31	0.40	b	b
III	a ₁ b ₁	12.10	0.31	0.40	c	c
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.15216417

La dosis 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 26.03 cm de altura de planta es estadísticamente superior al 95 y 99% de confianza a la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 25.03 cm de altura de planta y a la dosis 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 17.0 cm de altura de planta, cuando se siembra la variedad Oso Negro. Tabla 70. La interacción entre variedad oso negro y la dosis 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua muestran mejor desempeño para este indicador.

Tabla 70: Prueba de Tukey para factor A en b_2 (variedad oso negro)

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	a ₂ b ₂	26.03	0.31	0.40	a	a
II	a ₃ b ₂	25.03	0.31	0.40	b	b
III	a ₁ b ₂	17.00	0.31	0.40	c	c
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.15216417

La prueba de Tukey señala que cuando se siembra la variedad San Andreas la dosis 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 24.18 cm es estadísticamente superior al 95 y 99% de confianza a la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 23.08 cm y a la dosis 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 15.08 cm. La interacción entre la variedad San Andreas y la dosis 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua muestra mejor desempeño para este indicador. Tabla 71.

Tabla 71: Prueba de Tukey para factor A en b₃ (variedad San Andreas)

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	a ₂ b ₃	24.18	0.31	0.40	a	a
II	a ₃ b ₃	23.08	0.31	0.40	b	b
III	a ₁ b ₃	15.08	0.31	0.40		
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.15216417

6.2.3. Longitud de raíz (cm)

Tabla 72: Promedios para longitud de raíz (cm)

Clave	Tratamiento	BLOQUES				$\Sigma y_i..$	Promedio
		I	II	III	IV		
T1	a ₁ b ₁	15.3	15.2	15.8	15.4	61.7	15.43
T2	a ₁ b ₂	18.4	18.4	18.0	18.2	73.0	18.25
T3	a ₁ b ₃	20.5	22.2	22.4	22.0	87.1	21.78
T4	a ₂ b ₁	22.6	22.6	22.5	22.5	90.2	22.55
T5	a ₂ b ₂	27.4	27.2	27.4	27.1	109.1	27.28
T6	a ₂ b ₃	25.5	25.1	25.4	25.3	101.3	25.33
T7	a ₃ b ₁	24.2	24.0	24.3	24.2	96.7	24.18
T8	a ₃ b ₂	29.6	28.9	28.8	29.1	116.4	29.10
T9	a ₃ b ₃	26.5	26.4	26.7	26.1	105.7	26.43
$\Sigma y.j.$		210.0	210.0	211.3	209.9	841.2	
Promedio		23.3	21.8	21.9	21.8		23.37

Tabla 73: Prueba de normalidad para dosis de solución nutritiva - Programa SPSS

Dosis de solución nutritiva	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
a1	.179	12	.200*	.880	12	.088
a2	.220	12	.114	.834	12	.024
a3	.191	12	.200*	.877	12	.080

Considerando la dosis de solución nutritiva y según las pruebas de Kolmogorov -Smirnov los datos registrados muestran distribución normal para los tres niveles puesto que la significancia es mayor que el nivel de confianza de 0.05 y 0.01%.

Tabla 74: Prueba de normalidad para variedad - Programa SPSS

Variedad de fresa	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
b1	.340	12	.000	.738	12	.002
b2	.340	12	.000	.737	12	.002
b3	.276	12	.012	.850	12	.037

Considerando la variedad y según las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk los datos registrados no se ajustan a la distribución normal para los tres niveles puesto que el valor de significancia es menor que los valores de confianza del 0.05 y 0.01%.

Tabla 75: Prueba de homogeneidad de varianzas para dosis de solución nutritiva

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	
Se basa en la media	3.025	2	33	.062
Se basa en la	2.997	2	33	.064
Se basa en la mediana y con σ	2.997	2	23.727	.069
Se basa en la media recortada	3.027	2	33	.062

Considerando la dosis de solución nutritiva y según el estadístico de Levene las varianzas son homogéneas puesto que la significación determinada es mayor a 0.05% y 0.01%.

Tabla 76: Prueba de homogeneidad de varianzas para variedad

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	
Se basa en la media	11.471	2	33	.000
Se basa en la	1.355	2	33	.272
Se basa en la mediana y con σ	1.355	2	25.062	.276
Se basa en la media recortada	9.839	2	33	.000

Considerando la variedad y según el estadístico de Levene las varianzas no son homogéneas puesto que el valor de la significancia es menor a 0.05 y 0.01% de confianza.

Para confirmar la normalidad de los datos registrados se ha recurrido al programa EasyFit 5.5, los resultados mostrados corresponden a la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov en ella se observa que no se rechaza la hipótesis de que los datos pertenezcan a una distribución normal, a una significancia de 0.2, 0.1, 0.05, 0.02 y 0.01 %, por tanto debe realizarse el análisis paramétrico de resultados.

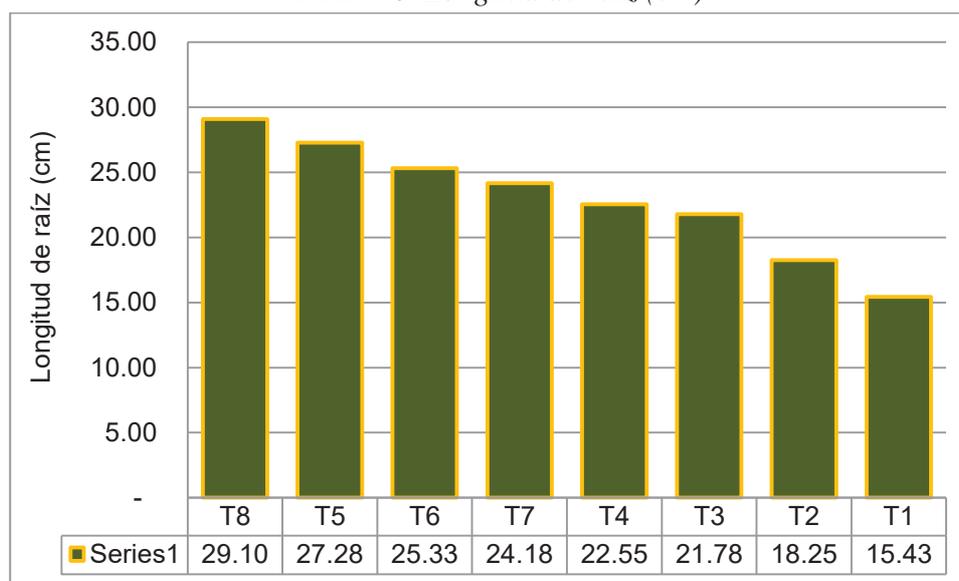
Tabla 77: Prueba de bondad de ajuste a función normal - Programa Easyfit 5.5

Tamaño de la muestra	36				
Estadística	0.12281				
Valor P	0.60583				
Rango	16				
σ (alfa)	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	0.17418	0.1991	0.22119	0.24732	0.26532
Rechazar	No	No	No	No	No

Tabla 78: Cuadro Auxiliar AxB

	b₁	b₂	b₃	Σy_{i.}	Promedio
a₁	61.70	73.00	87.10	221.80	18.48
a₂	90.20	109.10	101.30	300.60	25.05
a₃	96.70	116.40	105.70	318.80	26.57
Σy._j	248.60	298.50	294.10	841.20	
Prom.	20.72	24.88	24.51		23.37

Gráfico 8: Longitud de raíz (cm)



La longitud de raíz se ve afectada con la dosis de solución nutritiva La Molina y la variedad sembrada puesto que existen diferencias significativas al 95 y 99% de confianza para ambos factores tal como se observa en la tabla 79 análisis de varianza. Existe interacción altamente significativa entre la dosis de solución nutritiva y la variedad sembrada. No existen diferencias significativas entre los bloques del experimento al 95 y 99% de probabilidad por tanto los tratamientos fueron distribuidos adecuadamente. El coeficiente de variabilidad es muy bajo con un valor de 1.56% y es aceptado dentro de la investigación puesto que los datos han sido registrados en forma adecuada y existe homogeneidad entre ellos.

Tabla 79: Análisis de varianza para longitud de raíz

F de V	GL	SC	CM	FC	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	0.14888889	0.04963	0.37	3.01	4.72	NS	NS
A	2	443.04666667	221.52333	1663.45	3.40	5.61	*	*
B	2	127.21166667	63.60583	477.62	3.40	5.61	*	*
AB	4	47.49666667	11.87417	89.16	2.78	4.22	*	*

Error	24	3.19611111	0.13317		
Total	35	621.10000000		CV	1.56%

La prueba de Tukey presentada en la tabla 80 indica que la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 26.57 cm de longitud de raíz es estadísticamente superior al 95 y 99% de confianza a la dosis 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 25.05 cm de longitud de raíz y a la dosis 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 18.48 cm de longitud de raíz.

Tabla 80: Prueba de Tukey para factor A

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α		
			0.05	0.01	0.05	0.01	
I	a ₃	26.57	0.37	0.48	a	a	
II	a ₂	25.05	0.37	0.48	b	b	
III	a ₁	18.48	0.37	0.48	c	c	
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.10534519	

La variedad Oso Negro con un promedio de 24.88 cm de longitud de raíz y la variedad San Andreas con un promedio 24.51 cm de longitud de raíz son estadísticamente iguales pero superiores a la variedad Aromas con un promedio de 20.72 cm de longitud de raíz. Tal como se observa en la tabla 81 prueba de Tukey.

Tabla 81: Prueba de Tukey para factor B

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α		
			0.05	0.01	0.05	0.01	
I	b ₂	24.88	0.372	0.479	a	a	
II	b ₃	24.51	0.372	0.479	a	a	
III	b ₁	20.72	0.372	0.479	b	b	
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.10534519	

En el análisis de varianza auxiliar mostrado en la tabla 82 se observa que existen diferencias significativas al 95 y 99% de confianza entre los niveles de la dosis de solución nutritiva cuando se siembra las variedades Aromas, Oso Negro y San Andreas.

Tabla 82: Análisis de varianza auxiliar

F de V	GL	SC	CM	FC	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
A en b₁	2	173.29166667	86.64583	650.63	3.40	5.61	*	*
A en b₂	2	270.00500000	135.00250	1013.75	3.40	5.61	*	*

A en b₃	2	47.24666667	23.62333	177.39	3.40	5.61	*	*
Error	24	0.13317						

La prueba de Tukey presentado en la tabla 83 indica que la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 24.18 cm de longitud de raíz es estadísticamente superior al 95 y 99% de confianza a la dosis 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 22.55 cm de longitud de raíz y a la dosis 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 15.43 cm de longitud de raíz, cuando se siembra la variedad Aromas. La interacción entre la variedad aromas y la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua muestra mejor resultado para este indicador.

Tabla 83: *Prueba de Tukey para factor A en b₁ (variedad Aromas)*

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α		
			0.05	0.01	0.05	0.01	
I	a ₃ b ₁	24.18	0.37	0.48	a	a	
II	a ₂ b ₁	22.55	0.37	0.48	b	b	
III	a ₁ b ₁	15.43	0.37	0.48	c	c	
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.18246321	

Según la prueba de Tukey presentado en la tabla 84 cuando se siembra la variedad Oso Negro la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 29.10 cm de longitud de raíz es estadísticamente superior al 95 y 99% de confianza a la dosis 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 27.28 cm de longitud de raíz y a la dosis 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 18.25 cm de longitud de raíz. La interacción de la variedad oso negro y la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua muestra un mejor resultado para este indicador.

Tabla 84: *Prueba de Tukey para factor A en b₂ (variedad oso negro)*

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α		
			0.05	0.01	0.05	0.01	
I	a ₃ b ₂	29.10	0.37	0.48	a	a	
II	a ₂ b ₂	27.28	0.37	0.48	b	b	
III	a ₁ b ₂	18.25	0.37	0.48	c	c	
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.18246321	

La dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 26.43 cm de longitud de raíz es estadísticamente superior al 95 y 99% de confianza a la dosis 5 ml solución nutritiva A + 2 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 25.33 cm de longitud de raíz y a la dosis 3 ml solución nutritiva A + 1 ml solución nutritiva B/l de agua con un promedio de 21.78 cm de longitud de raíz. Según la prueba de Tukey mostrado en la tabla 85. La interacción de la variedad San Andreas y la dosis 7 ml solución nutritiva A + 3 ml solución nutritiva B/l de agua muestran el mejor resultado para este indicador.

Tabla 85: Prueba de Tukey para factor A en b_3 (variedad San Andreas)

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	a ₃ b ₃	26.43	0.37	0.48	a	a
II	a ₂ b ₃	25.33	0.37	0.48	b	b
III	a ₁ b ₃	21.78	0.37	0.48	c	c
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		4.546	Error estándar: 0.18246321

VII. CONCLUSIONES

El rendimiento de la fresa depende de la dosis de solución nutritiva y la variedad utilizada; para peso fresco de fruto por planta y número de frutos por planta, la dosis de 7 ml solución A + 3 ml solución B/l de agua y la variedad San Andreas obtuvieron mejores resultados. Las dosis 7 ml solución A + 3 ml solución B/l de agua y 5 ml solución A + 2 ml solución B/l de agua presentan rendimiento de fruto por planta mayor para la variedad Aromas y Oso Negro, mientras que la dosis 5 ml solución A + 2 ml solución B/l de agua presenta mayor rendimiento en fruto por planta para la variedad San Andreas. La dosis 7 ml solución A + 3 ml solución B/l de agua presenta el mayor rendimiento en número de frutos por planta para las tres variedades.

La dosis de la solución nutritiva y la variedad influyen sobre las características agronómicas para diámetro polar de fruto, altura de planta y longitud de raíces; la dosis 5 ml solución A + 2 ml solución B/l de agua y la variedad San Andreas muestran mayor diámetro de fruto, la dosis 5 ml solución A + 2 ml solución B/l de agua y la variedad Oso Negro presenta mayor altura de planta y la dosis 7 ml solución A + 3 ml solución B/l de agua y la variedad Oso Negro tiene la mayor longitud de raíz. La dosis 7 ml solución A + 3 ml solución B/l de agua presenta mayor diámetro de fruto y altura de planta para la variedad Aromas mientras que la dosis 5 ml solución A + 2 ml solución B/l de agua muestra mayor diámetro de fruto y altura de planta para las variedades Oso Negro y San Andreas. La dosis 7 ml solución A + 3 ml solución B/l de agua muestra mayor longitud de raíces para las tres variedades.

VIII. SUGERENCIAS

1. Se sugiere realizar trabajos de investigación sobre dosis de solución nutritiva y otras variedades de fresa bajo hidroponía.
2. Se sugiere comparar el cultivo hidropónico de la fresa con el cultivo con cubierta bajo las condiciones de la región Cusco.
3. Se sugiere realizar trabajos de investigación sobre costos de producción del cultivo hidropónico de fresa y su análisis de rentabilidad.
4. Se sugiere comparar diversas variedades de fresa bajo el sistema hidropónico y determinar cuál de las variedades se adapta mejor a las condiciones locales.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, N. (1996). *Fitopatología*. México: Limusa S.A.
2. Alsina, L. (1970). *Cultivo de la fresas y fresones*. Barcelona. España: Editorial Sintesis S.A. .
3. Barry, C. (1997). *Hidroponía: Soluciones Nutritivas. Boletín Informativo*. . Lima, Perú: Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin7.htm>. : Universidad Nacional Agraria La Molina.
4. Beltrano, J., & Giménez, D. O. (2015). *Cultivo en hidroponía*. : . Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad de La Plata. .
5. Branzanti, E. (1989). *La Fresa*. Madrid. España: Edit. Mundi Prensa. .
6. Carbajal, J. P. (2018). *Efecto de dosis de soluciones nutritivas en la producción de ajo (*Allium sativum* L.) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico - K'ayra – Cusco*. , . Tesis de pregrado, Universidad Nacional De San Antonio Abad del Cusco , Cusco, Perú.
7. Carrasco, G., & Izquierdo, J. (1996). *La empresa hidropónica de mediana escala: La técnica de la solución nutritiva recirculante (NFT)*. Talca, Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
8. Conafrut. (1997). *El cultivo de la Fresa. Boletín técnico Nro. 12*. Lima, Perú: Conafrut.
9. Flores, M. D. (2018). *Evaluación de sustratos y soluciones nutritivas en la producción hidropónica con sustratos sólidos en fresa (*Fragaria x ananassa*)*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Cevallos, Ecuador.
10. Folquér, J. (1986). *La Frutilla o Fresa*. Tucumán, Argentina: Ed. Hemisferio Sur S.A.
11. Franciosi, R. (1980). *Manual teórico práctico de fruticultura*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
12. Galazar, A. (1988). *Producción de fresa y fresones*. Madrid, España: Editorial Mundi Prensa. .
13. Gilsanz, J. C. (2007). *Hidroponía*. Montevideo, Uruguay: Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología.
14. Hernández, B. V. (2017). *Evaluación del rendimiento y calidad de fresa en dos sistemas hidropónicos*. Tesis de grado, Universidad Autónoma Del Estado De México, México.
15. Ibadango, 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 grado, Universidad Técnica Del Norte , Ibarra, Ecuador.
16. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura . (2017). *Manual de buenas prácticas agrícolas y de producción para el cultivo de la fresa*. San José, Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
 17. Jusca, B. (1977). *Como cultivar fresa, fresones y tomates*. Barcelona, España: Editorial Aedos.
 18. Lavín, A., & Maureira, C. M. (2004). *Cultivo de la fresa*. Santiago, Chile: INIA Centro Experimental Cauquenes. .
 19. Mamani, J. C. (2015). *Producción de frutilla (Fragaria vesca) en un sistema hidropónico con diferentes proporciones de sustratos y la dosificación de tres concentraciones comerciales de soluciones nutritivas.* (, Universidad M. Tesis de grado, Universidad Mayor De San Andrés, La Paz, Bolivia.
 20. Maroto, & Galazar. (1988). *Producción de Fresa y fresones*. Madrid, España: Edit. Mundi-Prensa.
 21. Marulanda, C. (2003). *La Huerta Hidropónica Popular.* . Santiago, Chile: FAO.
 22. Mendoza, A. M. (2017). *Cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) hidropónica en sistema recirculante “NFT” tipo piramidal con tres niveles de aireación*. Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
 23. Ministerio de Agricultura y Riego. (2008). *Estudio de la fresa en el Perú y el Mundo*. Lima, Perú: Dirección General de Información Agraria.
 24. Ministerio de Agricultura y Riego; Ministerio de Ambiente . (2011). *Manual de observaciones fenológicas* . Lima, Perú: Minagri.
 25. Montes, L. (1989). *Las fresas*. Buenos Aires. Argentina: Editorial Albatros.
 26. Morales, C. G. (2017). *Manual de manejo agronómico de la frutilla*. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
 27. Patiño, D., Garcia, E., Barrera, E., Quejada, O., Rodriguez, H., & Arroyave, I. (2014). *Manual técnico del cultivo de fresa; buenas prácticas agrícolas*. Medellin, Colombia: Secretaria de Desarrollo Agrícola, Gobernación de Antioquia. .
 28. Peralta, M. (1994). *Efecto de la densidad de siembra y niveles de fertilización nitrogenada en el rendimiento y calidad de la fresa (Fragaria ananassa D.) cv Chandler*. Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

29. Pozo, I. L. (2018). *Producción hidropónica de apio (Apium graveolens) y lechuga (Lactuca sativa), inyectando micronanoburbujas en el riego*. Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
30. Quipo, R. (2016). *Efecto de tres dosis de soluciones nutritivas en la producción de dos variedades de espinaca (Spinacia oleracea L.) mediante el sistema hidropónico de raíz flotante en K'ayra – Cusco*. . Tesis de grado, Universidad Nacional De San Antonio Abad, Cusco, Perú.
31. Ramírez, G. A. (2017). *Sistema de producción hidropónica de lechuga (Lactuca sativa L.)*. Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
32. Rodríguez, A., & Chang, M. (2017). *Curso Práctico de Hidroponía*. Lima, Perú: Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral- Universidad Nacional Agraria La Molina.
33. Soria, J. A. (2012). *6° Curso de hidroponía básica para principiantes.: .* La Habana, Cuba: Hidroponía y Acuarística del Caribe.
34. Urrestarazu, M. (2004). *Tratado de cultivo sin suelo*. Madrid, España: Editorial Mundi Prensa.
35. Vásquez, R. (1997). *Efecto de abonamiento orgánico en el cultivo de fresa (Fragaria ananassa Duch.) en condiciones de fitotoldo*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional De San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.
36. Vilca, J. D. (1990). *Entomología general*. Ayacucho, Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.