

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas

Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y Agrícola



**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO
EN EL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch.) CV. CAMAROSA,
CON DIFERENTES COMBINACIONES DE SUSTRATOS, BAJO SISTEMA
HIDROPÓNICO EN MANGAS VERTICALES”**

Tesis presentada por el Bachiller:

Carpio Amézquita, Arturo Jesús

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Asesor: Mg. Sc. Zegarra Flores, Jorge

AREQUIPA-PERÚ

2020

**DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS
(Jurado)**

Magister

FROY COLOMA DONGO

Director de la Escuela Prof. De Ingeniería Agronómica y Agrícola

Presente.-

Mediante el presente, comunicamos a usted, que se ha procedido a revisar el Borrador de Tesis titulado:

“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO EN EL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch.) CV. CAMAROSA, CON DIFERENTES COMBINACIONES DE SUSTRATOS, BAJO SISTEMA HIDROPÓNICO EN MANGAS VERTICALES”

Bachiller: ARTURO JESÚS CARPIO AMÉZQUITA

Asesor: Mg. Jorge Zegarra Flores

El jurado Dictaminador presidido por, Ing. Humberto Stretz Chávez, Mg. Dina Mamani Gutiérrez, Ing. Guillermo Linares Quiroz.

DICTAMINAN

Procede su sustentación

OBSERVACIONES

Arequipa, 14 de Agosto de 2020


Ing. Humberto Stretz Chávez
Presidente


Mg. Dina Mamani Gutiérrez
Vocal


Ing. Guillermo Linares Quiroz
Secretario

DEDICATORIA

La tesis está dedicada a Dios por encaminarme e iluminarme en todo momento, quien me dio fuerzas en los momentos difíciles y poder culminar lo que inicié. A mis padres Edgar y Elsa por lo que soy en esta vida, por su comprensión y apoyo incondicional. A mi hermana Sandra por el ejemplo que me da cada día. A mis tías Aurora y Soledad por incentivar me a salir adelante.



AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento eterno a las siguientes personas que han contribuido con este logro académico:

Al ingeniero y amigo Mg. Sc. Jorge Arturo Zegarra Flores, quien fue mi asesor en la elaboración de tesis, por el apoyo brindado, tiempo, motivación y haber depositado su confianza en mí para elaborar el presente trabajo.

Al ingeniero Adrián Chávez Viladegut por sus acertadas sugerencias y estar pendiente de la tesis, desde el inicio hasta el final.

A los miembros del jurado: Dina Mamani Gutiérrez, Guillermo Linares Quiroz y Humberto Stretz Chávez, por su amabilidad de brindarme parte de su valioso tiempo para poder revisar la tesis y por sus observaciones, a fin de mejorar la calidad del trabajo realizado.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido con el presente trabajo de investigación.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Fundo “La Banda” Huasacache, propiedad de la Universidad Católica de Santa María, ubicado en el distrito de Jacobo Hunter, provincia y departamento de Arequipa, a 2208 m.s.n.m., con el objetivo de evaluar el rendimiento y características de frutos en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas; la instalación de plantas se hizo el 1 de enero de 2017 y finalizó la cosecha el 31 de julio de 2017. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con seis tratamientos y cuatro repeticiones, con un total de 24 unidades experimentales. Por cada unidad experimental, se colocaron 28 plantas de fresa. Para la comparación de medias de los parámetros evaluados, se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey. Los parámetros evaluados fueron: Porcentaje de plantas prendidas (15 y 30 ddt) y crecimiento vegetativo: Peso fresco y seco de hojas, peso fresco y seco de raíz, longitud radicular, área foliar. Componentes del rendimiento: Diámetro ecuatorial y polar del fruto, peso del fruto y número de frutos. Características del fruto: Firmeza, SST, AT, relación SST/AT, color externo del fruto ($CieL^*a^*b^*C^*$ y Hue). Rendimiento por planta, por manga, y por hectárea; porcentaje de rendimiento de categoría de calidad. Propiedades físicas y químicas de los sustratos evaluadas al inicio y final: densidad aparente, densidad real, porosidad total, porosidad de aireación y capacidad de retención de agua; pH y CE.

El mejor porcentaje de plantas prendidas se obtuvo con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con 96.16 % en su última evaluación, este mismo tratamiento también presentó el mejor crecimiento vegetativo, ya que en sus respectivos parámetros como peso fresco de hojas 24.24 g; peso seco de hojas 6.69 g; peso fresco de raíz 19.93 g; peso seco de raíz 8.04 g; longitud radicular 29.09 cm; y área foliar 649.50 cm², mostró valores los más altos comparado con los demás tratamientos.

En los componentes del rendimiento, se obtuvo los mejores valores con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), el diámetro ecuatorial 3.30 cm;

diámetro polar 3.69 cm; peso del fruto 16.59 g; y número de frutos, 16.18 frutos por planta. Características del fruto: la firmeza, donde el tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) con 0.89 kgf presentó frutos más resistentes al daño mecánico, a diferencia del tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) presentó los frutos menos firmes con 0.61kgf; en SST consiguió el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) el mejor valor con 6.53 ° brix; el valor más alto en AT (% de ácido cítrico) lo consiguió el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) con 0.84 %, sin embargo se busca que los frutos sean menos ácidos, lo cual se consiguió con el T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) con 0.67 %; en la relación SST/AT se obtuvo la mejor calidad gustativa con el tratamiento T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) con un valor de 9.39; en el color externo del fruto obtuvieron los mejores resultados los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) ya que mostraron un mejor nivel de rojo (a^*), con más brillo (L^*), más vivo (C^*) y mejor tonalidad (H), y también un mejor nivel de amarillo (b^*), este último no es tan trascendental como los cuatro anteriores.

El mejor rendimiento se dio con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con 267.86 g/planta, 7.21 kg/manga y 60715.41 kg/ha. También obtuvo el mejor porcentaje de categoría extra 36.90 %, para primera categoría 48.67%, obtuvo un bajo porcentaje de segunda categoría 11.23 % y también un bajo porcentaje de frutos deformes 3.21 %.

Propiedades físicas y químicas: En la densidad aparente, el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) al inicio 0.20 g/cm³ y al final 0.21 g/cm³, y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) al inicio 0.38 g/cm³, estaban dentro de los niveles óptimos (< 0.40 g/cm³). En la densidad real, los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) al inicio 1.48 g/cm³ y al final 1.45 g/cm³, T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) al inicio 1.65 g/cm³ y al final 1.94 g/cm³, T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) tanto al inicio como al final obtuvo 1.75 g/cm³, estos se encontraban dentro de los niveles óptimos (1.45-2.65

g/cm³). La porosidad total, debe ser >85 % en volumen, ninguno de los tratamientos se encontraba por encima de este valor. En la porosidad de aireación, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con valores de 21.19 % al inicio y 20.60 % al final, fue el único tratamiento que se encontraba dentro de los niveles óptimos (10-30 % en vol.). En la capacidad de retención de agua, ninguno de los tratamientos se encontraba dentro de los niveles óptimos (55-70 % en vol.), sin embargo se encontró una mejor respuesta a las diferentes variables del cultivo con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina). En el pH al inicio del experimento, solamente el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) con un valor de 6.24, y al final del experimento todos los tratamientos se encontraban dentro de los niveles óptimos (5.2-6.3). En la CE todos los tratamientos tanto al inicio como al final del experimento se encontraban dentro de los niveles óptimos (0.75-3.49 dS/m), la fresa al ser un cultivo sensible a valores por encima de 1 dS/m, la mejor respuesta a las diferentes variables del cultivo con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) al inicio con un valor de 1.14 dS/m y al finalizar 0.89 dS/m.

Palabras clave: Hidroponía, Mangas Verticales, Fresa, Sustratos.

ABSTRACT

This research work was carried out at the experimental field “La Banda” Huasacache, owned by the Catholic University of Santa María, located in the district of Jacobo Hunter, province and department of Arequipa, 2208 meters above sea level, with the objective of evaluating the yield and characteristics of fruits in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, with different combinations of substrates in vertical hydroponic sleeves; The installation of plants was done on January 1, 2017 and the harvest ended on July 31, 2017. A Completely Random Design was used with six treatments and four repetitions, with a total of 24 experimental units. For each experimental unit, 28 strawberry plants were placed. For the comparison of means of the parameters evaluated, the Tukey multiple range test was used. The parameters evaluated were: Percentage of plants on at 15 and 30 days after transplantation and vegetative stage: Fresh and dry leaf weight, fresh and dry root weight, root length, leaf area. Performance components: Equatorial and polar diameter of the fruit, weight of the fruit and number of fruits. Fruit characteristics: Firmness, total soluble solids, titratable acidity, ratio of total soluble solids and titratable acidity, external fruit color ($CieL^*a^*b^*C^*$ y Hue). Yield per plant, per sleeve and per hectare, percentage of quality category. Physical and chemical properties of the substrates evaluated at the beginning and end: apparent density, real density, total porosity, aeration porosity and water retention capacity; hydrogen potential and electrical conductivity.

The best percentage of plants on was obtained with the T6 treatment (60% of rice husk and 40% of fine sand) with 96.16% in its last evaluation, this same treatment also presented the best vegetative growth, since in their respective parameters as fresh leaf weight 24.24 g; dry leaf weight 6.69 g; fresh root weight 19.93 g; dry root weight 8.04 g; root length 29.09 cm; and leaf area 649.50 cm², showed higher values compared to the other treatments.

In the yield components, the best values were obtained with the T6 treatment (60% rice husk and 40% fine sand), the equatorial diameter 3.30 cm; polar diameter 3.69 cm; fruit

weight 16.59 g; and number of fruits, 16.18 fruits per plant. Characteristics of the fruit: firmness, where the T3 treatment (80% rice husk and 20% gravel) with 0.89 kgf presented fruits more resistant to mechanical damage, unlike the T6 treatment (60% rice husk and 40% fine sand) presented the less firm fruits with 0.61kgf; in total soluble solids, the T6 treatment (60% rice husk and 40% fine sand) achieved the best value with 6.53 ° brix; The highest value in titratable acidity (% of citric acid) was achieved by the T1 treatment (80% of rice husk and 20% of pumice stone) with 0.84%, however it is sought that the fruits are less acidic, which is achieved with T5 (80% rice husk and 20% fine sand) with 0.67%; In the ratio of total soluble solids and titratable acidity, the best taste quality was obtained with the T5 treatment (80% rice husk and 20% fine sand) with a value of 9.39; In the external color of the fruit the T3 treatments (80% of rice husk and 20% of gravel) and T4 (60% of rice husk and 40% of gravel) obtained the best results since they showed a better level of red, With more brightness, more vivid and better hue and also a better level of yellow, the latter is not as transcendental as the previous ones.

The best yield was given with the T6 treatment (60% rice husk and 40% fine sand) with 267.86 g / plant, 7.21 kg / sleeve and 60715.41 kg / ha. It also obtained the best percentage of extra category 36.90%, for first category 48.67%, it obtained a low percentage of second category 11.23% and also a low percentage of deformed fruits 3.21%.

Physical and chemical properties: In bulk density, the T1 treatment (80% rice husk and 20% pumice stone) at the beginning 0.20 g/cm³ and at the end 0.21 g/cm³, and T2 (60% rice husk and 40% pumice stone) at the beginning 0.38 g/cm³, were within the optimal levels (<0.40 g/cm³). In the real density, T3 treatments (80% rice husk and 20% gravel) at the beginning 1.48 g/cm³ and at the end 1.45 g/cm³, T4 (60% rice husk and 40% gravel) at beginning 1.65 g/cm³ and at the end 1.94 g/cm³, T6 (60% rice husk and 40% fine sand) both at the beginning and the end obtained 1.75 g/cm³, these were within the optimal levels (1.45 -2.65 g/cm³). The total porosity should be > 85% by volume, none of the treatments were above this value. In the porosity of aeration, the T6 treatment

(60% of rice husk and 40% of fine sand) with values of 21.19% at the beginning and 20.60% at the end, was the only treatment that was within the optimal levels (10-30% in vol.). In the water retention capacity, none of the treatments were within the optimal levels (55-70% in vol.), However a better response to the different crop variables was found with the T6 treatment (60% of rice husk and 40% fine sand). At the hydrogen potential at the beginning of the experiment, only the T1 treatment (80% rice husk and 20% pumice stone) with a value of 6.24, and at the end of the experiment all treatments were within the optimum levels (5.2- 6.3). In the electric conductivity all treatments both at the beginning and at the end of the experiment were within the optimal levels (0.75-3.49 dS / m), the strawberry being a sensitive crop to values above 1 dS / m, the best response to the different variables of the crop with the T6 treatment (60% of rice husk and 40% of fine sand) at the beginning with a value of 1.14 dS / m and at the end 0.89 dS / m.

Keywords: Hydroponics, Vertical Sleeves, Strawberry, Substrates.

PRESENTACIÓN

La fresa es un cultivo que está empezando a tener un mayor impulso en la zona sur del Perú, tanto en Arequipa como en Cusco, desde el punto de vista económico y social. Este incremento se debe por el aumento en los niveles de producción, debido al crecimiento de la superficie cosechada y comercialización de fresa, ya sea para el consumo en fresco o como materia prima para su posterior procesamiento.

La forma convencional del manejo agronómico en el cultivo de fresa presenta problemas de plagas y enfermedades, a lo largo de las diferentes etapas del cultivo, principalmente en la etapa de fructificación, esto se ve reflejado en un bajo rendimiento y mala calidad del fruto, es por eso que la hidroponía es una alternativa muy interesante para su producción, ya que predomina la limpieza e higiene en el manejo del cultivo, el uso de agua potable garantiza que el producto esté libre de contaminación y determinadas enfermedades.

La hidroponía en mangas verticales requiere de un sustrato con buenas propiedades físicas y químicas para lograr los resultados esperados, por lo tanto el presente trabajo de investigación, pretende contribuir con el conocimiento de diferentes combinaciones de sustratos en la producción de fresa bajo hidroponía en la región de Arequipa, utilizando productos de desecho agrícola e inorgánicos disponibles en nuestra zona, con la finalidad de obtener buenos rendimientos y frutos con mejores características en el cultivo de fresa.

La presente tesis sin duda servirá de apoyo para futuros experimentos, y estos contribuyan a que el cultivo de fresa en mangas verticales hidropónicas tenga una mejor aceptación y desarrollo en la región de Arequipa, no solo por ser un híbrido muy productivo, sino también desde el punto de vista socioeconómico anteriormente mencionado.

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	iv
PRESENTACIÓN.....	vii
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. JUSTIFICACIÓN	4
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.4. HIPÓTESIS.....	6
CAPÍTULO II	7
2. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. CULTIVO DE FRESA	7
2.1.1. ORIGEN DEL CULTIVO	7
2.1.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	7
2.1.3. MORFOLOGÍA DEL CULTIVO.....	8
a) Raíz	9
b) Corona.....	9
c) Estolón	9
d) Hojas.....	10
e) Inflorescencia	10

f) Flor	11
g) Fruto	11
2.1.4. ETAPAS FENOLÓGICAS	12
a) Etapa vegetativa	12
b) Etapa reproductiva	12
c) Etapa productiva	13
2.1.5. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS.....	13
a) Altitud.....	13
b) Precipitación	13
c) Humedad relativa	13
d) Radiación (luz).....	13
e) Temperatura	13
2.1.6. REQUERIMIENTOS EDÁFICOS	14
a) Textura	14
b) pH	14
c) CE.....	14
2.1.7. PRÁCTICAS CULTURALES	15
a) Trasplante.....	15
b) Riego	15
c) Fertilización.....	16
d) Poda	16
e) Cosecha	17
2.1.8. CULTIVAR CAMAROSA	18
2.1.9. PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	19
a) Plagas.....	19
b) Enfermedades	21
2.2. LA HIDROPONÍA	23
2.2.1. DEFINICIÓN.....	23
2.2.2. IMPORTANCIA DE LA HIDROPONÍA	23
2.2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA HIDROPONÍA	23

a) VENTAJAS	23
b) DESVENTAJAS Y FORMAS DE SUPERARLAS	24
2.2.4. SISTEMAS DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS	25
a) Sistema hidropónico vertical o en columnas	26
b) Fertirriego en el sistema hidropónico vertical	26
c) Razón para cultivar fresas en el sistema vertical	27
d) Cultivo en mangas verticales	27
2.3. SUSTRATOS	28
2.3.1. FUNCIONES DE LOS SUSTRATOS	29
2.3.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUSTRATOS	30
a) Tamaño de partícula o granulometría	30
b) Porosidad total o espacio poroso	30
c) Porosidad de aireación	31
d) Capacidad de retención de agua	31
e) Densidad real	31
f) Densidad aparente	31
2.3.3. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUSTRATOS	32
a) Potencial de hidrógeno	32
b) Conductividad eléctrica	32
2.3.4. SUSTRATOS DEL EXPERIMENTO	33
a) Cascarilla de arroz	33
b) Piedra pómez	34
c) Gravilla	34
d) Arena	35
e) Mezclas de sustratos	35
CAPÍTULO III	36
3. MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	36

3.2. FECHA DE INICIO Y FECHA DE TÉRMINO.....	36
3.3. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS	37
3.4. ANÁLISIS DE AGUA.....	38
3.5. MATERIALES.....	39
3.5.1. BIOLÓGICO.....	39
3.5.2. DE CAMPO	39
3.5.3. DE LABORATORIO.....	40
3.6. COMPONENTES EN ESTUDIO.....	41
3.6.1. SEIS COMBINACIONES DE SUSTRATOS.....	41
3.6.2. FRESA (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. CAMAROSA	41
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	41
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	41
3.9. CROQUIS DEL EXPERIMENTO.....	42
3.10. DESARROLLO Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	44
3.10.1. INSTALACIÓN DEL SISTEMA	44
a) Limpieza del terreno.....	44
b) Colocación del depósito de agua.....	45
c) Instalación del sistema de riego	45
d) Instalación del sistema eléctrico	46
e) Lavado de sustratos inorgánicos.....	47
f) Prueba de presión de la manguera de riego	48
g) Preparación de las mangas de polietileno.....	48
h) Desinfección de la cascarilla de arroz y materiales inorgánicos	49
i) Mezcla de los sustratos	49
j) Llenado e instalación de las mangas	49
k) Colocación de la cubierta de plástico.....	50
l) Colocación de ladrillo en la base	50
3.10.2. MANEJO HIDROPÓNICO DE LA FRESA	51
a) Densidad de plantación (Manga)	51
b) Trasplante de fresa.....	52

c) Poda.....	52
d) Control fitosanitario.....	54
e) Nutrición de las plantas de fresa	56
f) Fertirriego	58
g) Aplicaciones foliares	58
3.10.3. DEFICIENCIA DE NUTRIENTES	58
3.10.4. DESARROLLO DEL CULTIVO (212 días)	60
3.11. EVALUACIONES REALIZADAS	62
3.11.1. PRENDIMIENTO (%) Y CRECIMIENTO VEGETATIVO	62
a) Porcentaje de prendimiento de plantas (%)	62
b) Peso fresco de hojas (g).....	62
c) Peso seco de hojas (g).....	63
d) Peso fresco de raíz (g)	63
e) Peso seco de raíz (g).....	64
f) Longitud de raíz (cm)	64
g) Área foliar (cm ²)	65
3.11.2. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO	65
a) Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	65
b) Diámetro polar del fruto (cm).....	66
c) Peso promedio del fruto (g).....	67
d) Número de frutos por planta.....	67
e) Firmeza del fruto (kgf)	68
f) Sólidos solubles totales (° brix).....	68
g) Acidez titulable (%).....	69
h) Relación SST/AT	70
i) Color externo del fruto (Cie-L*a*b* C* y H).....	70
3.11.3. RENDIMIENTO Y PORCENTAJE DE CATEGORÍA DE CALIDAD.....	71
a) Rendimiento por planta (g)	71

b) Rendimiento por manga (kg).....	71
c) Rendimiento por hectárea (kg).....	72
d) Porcentaje de rendimiento de categoría de calidad y frutos deformes (%).....	72
3.11.4. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUSTRATOS	73
a) Determinación de las propiedades físicas de los sustratos.....	73
b) Determinación de las propiedades químicas de los sustratos.....	77
CAPÍTULO IV	78
4. RESULTADOS	78
4.1. OBJETIVO 1.....	78
4.1.1. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE PLANTAS A LOS 15 DÍAS Y 30 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE	78
a) Porcentaje de prendimiento de plantas a los 15 DDT	78
b) Porcentaje de prendimiento de plantas a los 30 DDT	79
4.1.2. PESO FRESCO DE HOJAS.....	82
4.1.3. PESO SECO DE HOJAS	84
4.1.4. PESO FRESCO DE RAÍZ	86
4.1.5. PESO SECO DE RAÍZ	88
4.1.6. LONGITUD DE RAÍZ.....	90
4.1.7. ÁREA FOLIAR	92
4.2. OBJETIVO 2.....	96
4.2.1. DIÁMETRO ECUATORIAL DEL FRUTO.....	96
4.2.2. DIÁMETRO POLAR DEL FRUTO.....	98
4.2.3. PESO PROMEDIO DEL FRUTO	101
4.2.4. NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA	103

4.2.5. FIRMEZA DEL FRUTO	105
4.2.6. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES.....	107
4.2.7. ACIDEZ TITULABLE	109
4.2.8. RELACIÓN SST/AT	111
4.2.9. COLOR EXTERNO DEL FRUTO: CIE-L*a*b*C* y H.....	113
a) L* (luminosidad).....	113
b) a* (Nivel de rojo)	114
c) b* (Nivel de amarillo)	116
d) C* (Cromaticidad)	118
e) H o Hue (Tonalidad).....	120
4.3. OBJETIVO 3.....	125
4.3.1. RENDIMIENTO POR PLANTA	125
4.3.2. RENDIMIENTO POR MANGA	127
4.3.3. RENDIMIENTO POR HECTÁREA.....	129
4.3.4. PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE CATEGORÍA DE CALIDAD Y FRUTOS DEFORMES	131
a) Porcentaje de rendimiento de categoría de calidad extra.....	131
b) Porcentaje de rendimiento de categoría de calidad primera	133
c) Porcentaje de rendimiento de categoría de calidad segunda.....	135
d) Porcentaje de rendimiento de frutos deformes	138
4.4. OBJETIVO 4.....	141
4.4.1. DENSIDAD APARENTE	141
a) Densidad aparente: etapa inicial del experimento	141
b) Densidad aparente: etapa final del experimento.....	142
4.4.2. DENSIDAD REAL	146
a) Densidad real: etapa inicial del experimento.....	146
b) Densidad real: etapa final del experimento	148
4.4.3. POROSIDAD TOTAL	151
a) Porosidad total: etapa inicial del experimento	151
b) Porosidad total: etapa final del experimento.....	152

4.4.4. POROSIDAD DE AIREACIÓN	156
a) Porosidad de aireación: etapa inicial del experimento	156
b) Porosidad de aireación: etapa final del experimento	157
4.4.5. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA	161
a) Capacidad de retención de agua: etapa inicial del experimento.....	161
b) Capacidad de retención de agua: etapa final del experimento	162
4.4.6. POTENCIAL DE HIDRÓGENO.....	166
a) Potencial de hidrógeno: etapa inicial del experimento	166
b) Potencial de hidrógeno: etapa final del experimento.....	167
4.4.7. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	171
a) Conductividad eléctrica: etapa inicial del experimento.....	171
b) Conductividad eléctrica: etapa final del experimento	172
 CAPÍTULO V	 177
5. DISCUSIÓN	177
5.1. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE PLANTAS A LOS 15 DÍAS Y 30 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE	 177
5.2. PESO FRESCO Y PESO SECO DE HOJAS.....	179
5.3. PESO FRESCO Y PESO SECO DE RAÍZ	181
5.4. LONGITUD DE RAÍZ.....	183
5.5. ÁREA FOLIAR.....	184
5.6. DIÁMETRO ECUATORIAL Y POLAR DEL FRUTO.....	187
5.7. PESO PROMEDIO DEL FRUTO	188
5.8. NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA.....	190
5.9. FIRMEZA DEL FRUTO	192
5.10. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES.....	193
5.11. ACIDEZ TITULABLE.....	195
5.12. RELACIÓN SST/AT	196

5.13. COLOR EXTERNO DEL FRUTO: CIE-L*a*b*C* y H.....	197
5.14. RENDIMIENTO POR PLANTA / MANGA / HECTÁREA.....	202
5.15. PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE CATEGORÍA DE CALIDAD Y FRUTOS DEFORMES.....	207
5.16. DENSIDAD APARENTE.....	209
5.17. DENSIDAD REAL	212
5.18. POROSIDAD TOTAL	213
5.19. POROSIDAD DE AIREACIÓN.....	214
5.20. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA	216
5.21. POTENCIAL DE HIDRÓGENO.....	219
5.22. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	221
CAPÍTULO VI.....	222
6. CONCLUSIONES	222
CAPÍTULO VII	224
7. RECOMENDACIONES	224
CAPÍTULO VIII.....	225
8. REFERENCIA	225
ANEXOS.....	255

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Clasificación sistemática de la fresa	8
Cuadro N° 2: Estados de maduración de la fresa a través de los colores	18
Cuadro N° 3: Niveles óptimos de las propiedades físicas y químicas de los sustratos	33
Cuadro N° 4: Composición química de la cascarilla y cenizas de arroz	34
Cuadro N° 5: Análisis químico de agua potable, Fundo “La Banda” Huasacache	38
Cuadro N° 6: Descripción de los tratamientos	41
Cuadro N° 7: Etapa vegetativa (0-60 días)	57
Cuadro N° 8: Etapa de floración y fructificación (61-212 días)	57
Cuadro N° 9: Porcentaje de rendimiento de categoría de calidad	72
Cuadro N° 10: Fórmulas para determinar las propiedades físicas de los sustratos	76
Cuadro N° 11: Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 15 días después del trasplante en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	78
Cuadro N° 12: Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 30 días después del trasplante en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	80
Cuadro N° 13: Comparación de medias Tukey para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 30 días después del trasplante en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	81

Cuadro N° 14: Análisis de varianza (ANVA) para el peso fresco de hojas en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	82
Cuadro N° 15: Comparación de medias Tukey para el peso fresco de hojas en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	83
Cuadro N° 16: Análisis de varianza (ANVA) para el peso seco de hojas en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	84
Cuadro N° 17: Comparación de medias Tukey para el peso seco de hojas en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	85
Cuadro N° 18: Análisis de varianza (ANVA) para el peso fresco de raíz en el cultivo en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	86
Cuadro N° 19: Comparación de medias Tukey para el peso fresco de raíz en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	87
Cuadro N° 20: Análisis de varianza (ANVA) para el peso seco de raíz en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	88
Cuadro N° 21: Comparación de medias Tukey para el peso seco de raíz en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	89
Cuadro N° 22: Análisis de varianza (ANVA) para la longitud de raíz en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	90
Cuadro N° 23: Comparación de medias Tukey para la longitud de raíz en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	91
Cuadro N° 24: Análisis de varianza (ANVA) para el área foliar en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	93
Cuadro N° 25: Comparación de medias Tukey para el área foliar en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	93

Cuadro N° 26: Resumen de las evaluaciones realizadas en el porcentaje de prendimiento y crecimiento vegetativo en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	95
Cuadro N° 27: Análisis de varianza (ANVA) para el diámetro ecuatorial del fruto en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	96
Cuadro N° 28: Comparación de medias Tukey para el diámetro ecuatorial del fruto en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	97
Cuadro N° 29: Análisis de varianza (ANVA) para el diámetro polar del fruto en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	99
Cuadro N° 30: Comparación de medias Tukey para el diámetro polar del fruto en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	100
Cuadro N° 31: Análisis de varianza (ANVA) para el peso promedio del fruto en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	101
Cuadro N° 32: Comparación de medias Tukey para el peso promedio del fruto en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	102
Cuadro N° 33: Análisis de varianza (ANVA) para el número de frutos por planta en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	103
Cuadro N° 34: Comparación de medias Tukey para el número de frutos por planta en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	104
Cuadro N° 35: Análisis de varianza (ANVA) para la firmeza del fruto en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	105

- Cuadro N° 36:** Comparación de medias Tukey para la firmeza del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 106
- Cuadro N° 37:** Análisis de varianza (ANVA) para los sólidos solubles totales en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 107
- Cuadro N° 38:** Comparación de medias Tukey para los sólidos solubles totales en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 108
- Cuadro N° 39:** Análisis de varianza (ANVA) para la acidez titulable en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 109
- Cuadro N° 40:** Comparación de medias Tukey para la acidez titulable en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 110
- Cuadro N° 41:** Análisis de varianza (ANVA) para la relación SST/AT en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 111
- Cuadro N° 42:** Comparación de medias Tukey para la relación SST/AT en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 112
- Cuadro N° 43:** Análisis de varianza (ANVA) para la luminosidad (L^*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 113
- Cuadro N° 44:** Análisis de varianza (ANVA) para el nivel de rojo (a^*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 115
- Cuadro N° 45:** Análisis de varianza (ANVA) para el nivel de amarillo (b^*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 116
- Cuadro N° 46:** Comparación de medias Tukey para el nivel de amarillo (b^*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 117
- Cuadro N° 47:** Análisis de varianza (ANVA) para la cromaticidad (C^*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 118

Cuadro N° 48: Comparación de medias Tukey para la cromaticidad (C*) en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	119
Cuadro N° 49: Análisis de varianza (ANVA) para la tonalidad (H) en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	120
Cuadro N° 50: Comparación de medias Tukey para la tonalidad (H) en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	121
Cuadro N° 51: Resumen de las evaluaciones realizadas en los componentes del rendimiento y características del fruto en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	124
Cuadro N° 52: Análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento por planta en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	125
Cuadro N° 53: Comparación de medias Tukey para el rendimiento por planta en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	126
Cuadro N° 54: Análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento por manga en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	127
Cuadro N° 55: Comparación de medias Tukey para el rendimiento por manga en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	128
Cuadro N° 56: Análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento por hectárea en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	129
Cuadro N° 57: Comparación de medias Tukey para el rendimiento por hectárea en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	130
Cuadro N° 58: Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad extra en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	131

Cuadro N° 59: Comparación de medias Tukey para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad extra en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	132
Cuadro N° 60: Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad primera en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	133
Cuadro N° 61: Comparación de medias Tukey para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad primera en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	134
Cuadro N° 62: Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad segunda en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	136
Cuadro N° 63: Comparación de medias Tukey para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad segunda en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	137
Cuadro N° 64: Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de rendimiento de frutos deformes en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	138
Cuadro N° 65: Comparación de medias Tukey para el porcentaje de rendimiento de frutos deformes en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	139
Cuadro N° 66: Resumen de las evaluaciones realizadas en el rendimiento y porcentaje de rendimiento de categoría de calidad en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	140

Cuadro N° 67: Análisis de varianza (ANVA) para la densidad aparente en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	141
Cuadro N° 68: Comparación de medias Tukey para la densidad aparente en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	142
Cuadro N° 69: Análisis de varianza (ANVA) para la densidad aparente en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	143
Cuadro N° 70: Comparación de medias Tukey para la densidad aparente en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	144
Cuadro N° 71: Análisis de varianza (ANVA) para la densidad real en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	146
Cuadro N° 72: Comparación de medias Tukey para la densidad real en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	147
Cuadro N° 73: Análisis de varianza (ANVA) para la densidad real en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	148
Cuadro N° 74: Comparación de medias Tukey para la densidad real en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	149

Cuadro N° 75: Análisis de varianza (ANVA) para la porosidad total en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	151
Cuadro N° 76: Comparación de medias Tukey para la porosidad total en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	152
Cuadro N° 77: Análisis de varianza (ANVA) para la porosidad total en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	153
Cuadro N° 78: Comparación de medias Tukey para la porosidad total en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	154
Cuadro N° 79: Análisis de varianza (ANVA) para la porosidad de aireación en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	156
Cuadro N° 80: Comparación de medias Tukey para la porosidad de aireación en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	157
Cuadro N° 81: Análisis de varianza (ANVA) para la porosidad de aireación en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	158
Cuadro N° 82: Comparación de medias Tukey para la porosidad de aireación en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	159

Cuadro N° 83: Análisis de varianza (ANVA) para la capacidad de retención de agua en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	161
Cuadro N° 84: Comparación de medias Tukey para la capacidad de retención de agua en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	162
Cuadro N° 85: Análisis de varianza (ANVA) para la capacidad de retención de agua en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	163
Cuadro N° 86: Comparación de medias Tukey para la capacidad de retención de agua en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	164
Cuadro N° 87: Análisis de varianza (ANVA) para el potencial de hidrógeno en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	166
Cuadro N° 88: Comparación de medias Tukey para el potencial de hidrógeno en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	167
Cuadro N° 89: Análisis de varianza (ANVA) para el potencial de hidrógeno en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	168
Cuadro N° 90: Comparación de medias Tukey para el potencial de hidrógeno en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	169

Cuadro N° 91: Análisis de varianza (ANVA) para la conductividad eléctrica en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	171
Cuadro N° 92: Comparación de medias Tukey para la conductividad eléctrica en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	172
Cuadro N° 93: Análisis de varianza (ANVA) para la conductividad eléctrica en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	173
Cuadro N° 94: Comparación de medias Tukey para la conductividad eléctrica en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	174
Cuadro N° 95: Resumen de las evaluaciones realizadas en las propiedades físicas y químicas, llevadas a cabo al inicio y al final del experimento en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	176

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Temperatura de la estación Huasacache.....	37
Gráfico N° 2: Humedad relativa y precipitación total de la estación Huasacache .	37
Gráfico N° 3: Se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 15 días después del trasplante en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	79
Gráfico N° 4: Se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 30 días después del trasplante en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	81
Gráfico N° 5: Se muestran los resultados obtenidos para el peso fresco de hojas en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	83
Gráfico N° 6: Se muestran los resultados obtenidos para el peso seco de hojas en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	85
Gráfico N° 7: Se muestran los resultados obtenidos para el peso fresco de raíz en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	87
Gráfico N° 8: Se muestran los resultados obtenidos para el peso seco de raíz en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	89
Gráfico N° 9: Se muestran los resultados obtenidos para la longitud de raíz en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	92
Gráfico N° 10: Se muestran los resultados obtenidos para el área foliar en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	94
Gráfico N° 11: Resumen de los resultados obtenidos para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 15 y 30 DDT en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa	95

Gráfico N° 12: Se muestran los resultados obtenidos para el diámetro ecuatorial del fruto en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	98
Gráfico N° 13: Se muestran los resultados obtenidos para el diámetro polar del fruto en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	100
Gráfico N° 14: Se muestran los resultados obtenidos para el peso promedio del fruto en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	102
Gráfico N° 15: Se muestran los resultados obtenidos para el número de frutos por planta en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	104
Gráfico N° 16: Se muestran los resultados obtenidos para la firmeza del fruto en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	106
Gráfico N° 17: Se muestran los resultados obtenidos para los sólidos solubles totales en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	108
Gráfico N° 18: Se muestran los resultados obtenidos para la acidez titulable en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	110
Gráfico N° 19: Se muestran los resultados obtenidos para la relación SST/AT en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	112
Gráfico N° 20: Se muestran los resultados obtenidos para la luminosidad (L*) en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	114
Gráfico N° 21: Se muestran los resultados obtenidos para el nivel de rojo (a*) en el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) cv. Camarosa.....	115

Gráfico N° 22: Se muestran los resultados obtenidos para el nivel de amarillo (b*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 117

Gráfico N° 23: Se muestran los resultados obtenidos para la cromaticidad (C*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 119

Gráfico N° 24: Se muestran los resultados obtenidos para la tonalidad (H) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 121

Gráfico N° 25: Se muestran los resultados obtenidos para el color externo del fruto CIE-L*a*b* en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 122

Gráfico N° 26: Se muestran los resultados obtenidos para el color externo del fruto cromaticidad y tonalidad en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 123

Gráfico N° 27: Se muestran los resultados obtenidos para el rendimiento por planta en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 126

Gráfico N° 28: Se muestran los resultados obtenidos para el rendimiento por manga en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 128

Gráfico N° 29: Se muestran los resultados obtenidos para el rendimiento por hectárea en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 130

Gráfico N° 30: Se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad extra en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 132

- Gráfico N° 31:** Se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad primera en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 135
- Gráfico N° 32:** Se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad segunda en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 137
- Gráfico N° 33:** Se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de rendimiento de frutos deformes en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 139
- Gráfico N° 34:** Se muestran los resultados obtenidos para la densidad aparente en la etapa inicial y final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 145
- Gráfico N° 35:** Se muestran los resultados obtenidos para la densidad real en la etapa inicial y final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 150
- Gráfico N° 36:** Se muestran los resultados obtenidos para la porosidad total en la etapa inicial y final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 155
- Gráfico N° 37:** Se muestran los resultados obtenidos para la porosidad de aireación en la etapa inicial y final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 160
- Gráfico N° 38:** Se muestran los resultados obtenidos para la capacidad de retención de agua en la etapa inicial y final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 165

Gráfico N° 39: Se muestran los resultados obtenidos para el potencial de hidrógeno en la etapa inicial y final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 170

Gráfico N° 40: Se muestran los resultados obtenidos para la conductividad eléctrica en la etapa inicial y final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa 175



ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1: Esquema ilustrativo del sistema hidropónico vertical en mangas y macetas	28
Fotografía N° 2: Ubicación del área experimental.....	36
Fotografía N° 3: Terreno desnivelado y con presencia de malezas	44
Fotografía N° 4: Eliminación de malezas, piedras y nivelación.....	44
Fotografía N° 5: Terreno limpio y nivelado.....	45
Fotografía N° 6: Realización del hoyo para la colocación del tanque	45
Fotografía N° 7: Colocación del depósito de agua	45
Fotografía N° 8: Válvula check y tuberías.....	46
Fotografía N° 9: Instalación de la electrobomba.....	46
Fotografía N° 10: Instalación de tuberías de distribución-microrriego.....	46
Fotografía N° 11: Colocación de goteros, microtubos y estacas	46
Fotografía N° 12: Cableado eléctrico	47
Fotografía N° 13: Unión del sistema.....	47
Fotografía N° 14: Lavado de la piedra pómez.....	47
Fotografía N° 15: Lavado de la gravilla.....	47
Fotografía N° 16: Lavado de la arena	47
Fotografía N° 17: Medida de presión con manómetro	48
Fotografía N° 18: Realización de las perforaciones en la manga	48

Fotografía N° 19: Desinfección con hipoclorito de sodio al 1 %.....	49
Fotografía N° 20: Mezcla de los diferentes sustratos.....	49
Fotografía N° 21: Sustrato húmedo llenándose a las mangas	50
Fotografía N° 22: Alambrado de las mangas por medio de los ojales.....	50
Fotografía N° 23: Cubierta de plástico a la altura del techo.....	50
Fotografía N° 24: Ladrillo en la base para favorecer el drenaje del agua.....	51
Fotografía N° 25: Marco de plantación tres bolillo	51
Fotografía N° 26: Tratamiento preventivo de las plantas	52
Fotografía N° 27: Trasplante de las plantas en el sistema hidropónico	52
Fotografía N° 28: Poda de flores.....	53
Fotografía N° 29: Poda de estolones.....	53
Fotografía N° 30: Hojas viejas y con deficiencia de nutrientes.....	53
Fotografía N° 31: Poda de hojas con síntomas de ataque de ácaros	54
Fotografía N° 32: Poda de hojas con síntomas de ataque de babosas.....	54
Fotografía N° 33: Aplicación de Phytion	55
Fotografía N° 34: Aplicación de Biosar.....	55
Fotografía N° 35: Ácaros en las hojas de fresa.....	55
Fotografía N° 36: Ataque de babosas.....	56
Fotografía N° 37: Mosca del vinagre.....	56
Fotografía N° 38: Muestra de solución nutritiva, medición pH y CE.....	58

Fotografía N° 39: Lavado de sales	58
Fotografía N° 40: Nitrógeno.....	59
Fotografía N° 41: Fósforo.....	59
Fotografía N° 42: Potasio	59
Fotografía N° 43: Calcio.....	59
Fotografía N° 44: Magnesio	59
Fotografía N° 45: Trasplante	60
Fotografía N° 46: 20 ddt.....	60
Fotografía N° 47: 35 ddt.....	60
Fotografía N° 48: 50 ddt	60
Fotografía N° 49: 65 ddt	60
Fotografía N° 50: 80 ddt	60
Fotografía N° 51: 110 ddt	61
Fotografía N° 52: 170 ddt	61
Fotografía N° 53: Frutos listos para cosechar	61
Fotografía N° 54: Frutos cosechados en estado 6.....	61
Fotografía N° 55: Prendimiento de plantas	62
Fotografía N° 56: Extracción de plantas evaluadas.....	62
Fotografía N° 57: Determinación del peso fresco.....	62
Fotografía N° 58: Estufa y bolsas de papel kraft con hojas	63

Fotografía N° 59: Peso seco de las muestras de hojas.....	63
Fotografía N° 60: Peso fresco de raíz	63
Fotografía N° 61: Peso seco de raíz	64
Fotografía N° 62: Extracción de muestras.....	64
Fotografía N° 63: Medición de longitud de raíces.....	64
Fotografía N° 64: Hoja analizada con el programa ImageJ	65
Fotografía N° 65: Medición del diámetro ecuatorial	66
Fotografía N° 66: Medición del diámetro polar	66
Fotografía N° 67: Peso del fruto	67
Fotografía N° 68: Fruto (estado 6).....	67
Fotografía N° 69: Cosecha de frutos	67
Fotografía N° 70: Determinación de la firmeza del fruto.....	68
Fotografía N° 71: Refractómetro.....	69
Fotografía N° 72: Medición de ° brix	69
Fotografía N° 73: Determinación de acidez titulable.....	70
Fotografía N° 74: Determinación del color externo del fruto	71
Fotografía N° 75: Colocación de los porómetros en la cubeta	75
Fotografía N° 76: Drenaje de las muestras	75
Fotografía N° 77: Peso seco de la muestra	75
Fotografía N° 78: Tratamientos 1 y 2.....	75

Fotografía N° 79: Tratamientos 3 y 4.....	75
Fotografía N° 80: Tratamientos 5 y 6.....	75
Fotografía N° 81: Muestra en el agitador	77
Fotografía N° 82: Medición pH y CE.....	77



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Partes de la planta de fresa	12
Figura N° 2: Estados de maduración de la fresa a través de los colores.....	18
Figura N° 3: Distintos sistemas y medios para cultivos sin suelo	25
Figura N° 4: Esquema ilustrativo del sistema de sustrato en macetas verticales ...	27
Figura N° 5: Área del experimento en el módulo de hidroponía.....	42
Figura N° 6: Vista 1 del área experimental	43
Figura N° 7: Vista 2 del área experimental	43
Figura N° 8: Medidas de la manga de polietileno	44
Figura N° 9: Determinación de frutos deformes	73

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Sierra Exportadora (2016) señala que, la fresa presenta un fruto de color rojo brillante, succulento y fragante. Puede consumirse en estado fresco, compota, mermelada, etc., sus propiedades medicinales ayudan a mantener la buena salud.

Santoyo Juárez y Martínez Alvarado (2011) mencionan que, la fresa se cultiva en más de 60 países del mundo. De acuerdo con Axayacatl (2017) China fue el país con la mayor producción de fresa a nivel mundial durante el año 2016 con 41.6 %, seguido por Estados Unidos con 15.6 %, México y Egipto con 5.1 % y Turquía con 4.6 %.

León Carrasco (2017) indica que, en la producción mundial de fresas hacia el año 2011, Perú ocupaba la posición 24, el año 2014 escaló 7 posiciones, distribuía sus fresas a 22 mercados y en el 2016 despachó a 67 mercados. FAO (2017) indica que, la producción de fresa en nuestro país según datos oficiales para el año 2016 fue de 25690 toneladas.

Según Gargurevich Pazos (2017) la producción de fresa en nuestro país, se concentra en Lima, especialmente en el norte chico, pero desde hace dos años las producciones han crecido notablemente en la zona norte y sur del Perú (Arequipa y Cusco). MINAGRI (s. f.) señala que, en Arequipa durante el 2016, la producción de fresa a nivel regional fue de 272 toneladas y con una superficie cosechada de 35 ha.

Miska Farm, citado por Gargurevich Pazos (2017) indica que en nuestro país, el rendimiento esperado es de 40 t/ha, entre agosto y diciembre, y otras 40 t/ha para siguiente campaña, pero depende mucho del manejo del cultivo y el clima, siendo el promedio nacional de 20 t/ha.

De acuerdo con MINAGRI (s. f.) en la región de Arequipa durante el 2016, el rendimiento promedio fue de 7758 kg/ha.

Según MINAGRI (2008:12), «desde hace buen tiempo se ha venido promocionando en el Perú los cultivos hidropónicos, la fresa presenta buenas perspectivas de producción por esta modalidad de cultivo ».

Burés, citado por Gilsanz (2007) indica que la hidroponía es parte de los sistemas de producción llamados cultivos sin suelo. En estos sistemas se utilizan los denominados sustratos, que son un medio de crecimiento y soporte para la planta, pudiendo ser de diverso origen: orgánicos o inorgánicos, inertes o no inertes. Materiales inorgánicos inertes como la vermiculita y perlita, y otros orgánicos como la cascarilla de arroz y corteza picada de árbol, muchos de los materiales orgánicos interfieren en la nutrición de las plantas.

Un buen sustrato es esencial para producir plantas vigorosas. Cabrera y Johnson (c2014) señalan que las macetas presentan un volumen limitado, por ello el sustrato debe presentar propiedades físicas y químicas adecuadas, junto a un programa integral de manejo, permita el crecimiento óptimo de la planta. Dado que, uno de los principales problemas es el bajo rendimiento y la mala calidad de frutos, de acuerdo con Ortega Martínez et al. (2016) el rendimiento varía principalmente por las propiedades físicas y químicas de cada uno de los sustratos empleados.

Inden y Torres (2004) mencionan que con la hidroponía es posible obtener un mayor rendimiento, buena calidad del producto final, preservar los diferentes recursos como el agua y el suelo, asimismo ahorrar mano de obra y proteger el medio ambiente.

Rodríguez Delfín, citado por Ortiz (2017) indica que, la calidad de la fresa mejora porque sale limpia al no tener un contacto directo con el suelo y el agua utilizada para el riego es de buena calidad.

Marulanda e Izquierdo (2003) indican que los recipientes y contenedores que se utilizan para la hidroponía dependen del área disponible, posibilidades técnicas, economía del productor, necesidades y aspiraciones.

Maroto Borrego (2008) señala que, actualmente se tiene un sistema que consiste en tubos verticales o columnas, fabricados de plástico u otros materiales diversos, los cuales se rellenan con sustratos (Tezontle, fibra de coco, agrolita, vermiculita, aserrín, entre otros) de forma que, a lo largo de los tubos se establecen las plantas. La fresa es uno de los cultivos que ha mostrado un buen comportamiento en este sistema. Díaz (s. f.) menciona que, en los sistemas verticales para el cultivo de fresa es posible trasplantar el mismo número de plantas que un sistema convencional en suelo, en la cuarta parte de esa misma superficie, ya que se aprovecha el espacio aéreo.

Maroto Borrego (2008) indica que, en el sistema de mangas verticales se utilizan tubos plásticos de 15 cm de diámetro y hasta 2 m de altura, con orificios internos para colocar hasta 32 plantas por tubo, utilizando diferentes mezclas de sustratos como la turba combinada con arena a un distanciamiento de 1 m entre filas y a 0.5 m entre líneas, de forma que llegan a utilizarse densidades de plantaciones elevadas de 64 plantas m⁻², lo que conlleva a altos rendimientos, de hasta 120 t ha⁻¹.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según UCSP (2016) la falta de diversificación de producción es uno de los factores que le resta competitividad a la agricultura en la región de Arequipa, cerca del cincuenta por ciento de los terrenos agrícolas están dedicados al forraje ganadero. Se debe cultivar una mayor cantidad de frutales y hortalizas, ya que son más rentables y con mejor expectativa de exportación.

Rodríguez, citado por Rodríguez-Fernández (2017) señala que, la agricultura actual busca alternativas que garanticen el incremento de los rendimientos y a la vez se reduzca el uso de fertilizantes y plaguicidas químicos, ya que poseen un elevado riesgo de contaminación medio ambiental.

En la región de Arequipa, los agricultores cultivan hortalizas con fines comerciales, siendo la fresa una de ellas, sin embargo, a pesar del aumento de la producción de fresa en los últimos años en nuestra zona, debido al aumento de la superficie cosechada, se consiguen bajos rendimientos y mala calidad de frutos por la susceptibilidad que presentan los cultivares instalados en campo de forma tradicional a las diferentes plagas y enfermedades, dando lugar al uso indiscriminado de plaguicidas químicos, promovido por el monocultivo.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La hidroponía en mangas verticales es una alternativa viable para frenar los bajos rendimientos en el cultivo de fresa presentes en nuestra región, según Soto Bravo (2015) es probable lograr obtener mayores producciones en una determinada unidad de área con el sistema hidropónico vertical, ya que se aprovecha al máximo el espacio aéreo. Sin embargo, en un momento determinado del día se produce el efecto de auto-sombreo, por ello debe utilizarse este sistema en aquellos cultivos que no son muy exigentes en luz solar. La fresa es uno de los cultivos que ha mostrado un buen comportamiento en este sistema.

A su vez, es importante una buena combinación de sustratos, teniendo en cuenta las proporciones adecuadas es posible obtener mayores rendimientos y buenos frutos.

Con la hidroponía no es necesaria la rotación de cultivos, a diferencia de la agricultura convencional, es posible explotar una sola especie agrícola en un lugar determinado (monocultivo), se puede llevar a cabo un mejor control de plagas y enfermedades, disminuyendo el uso de plaguicidas químicos, un uso eficiente del recurso hídrico, y también al utilizar agua de buena calidad permite obtener frutos con mejores características.

De nada sirve tener niveles óptimos de fertilizantes en forma de solución en el tanque de almacenamiento, si los porcentajes de sustratos combinados no son los

apropiados, ya que, dichos nutrientes no serán aprovechados de manera adecuada por la planta para satisfacer sus necesidades. Por ello, en el presente trabajo de investigación se tendrá en cuenta las propiedades físicas y químicas de diferentes combinaciones de sustratos, con sus distintas proporciones y su efecto en el crecimiento vegetativo, rendimiento y características del fruto en el cultivo de fresa, en mangas verticales hidropónicas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar el rendimiento y características del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

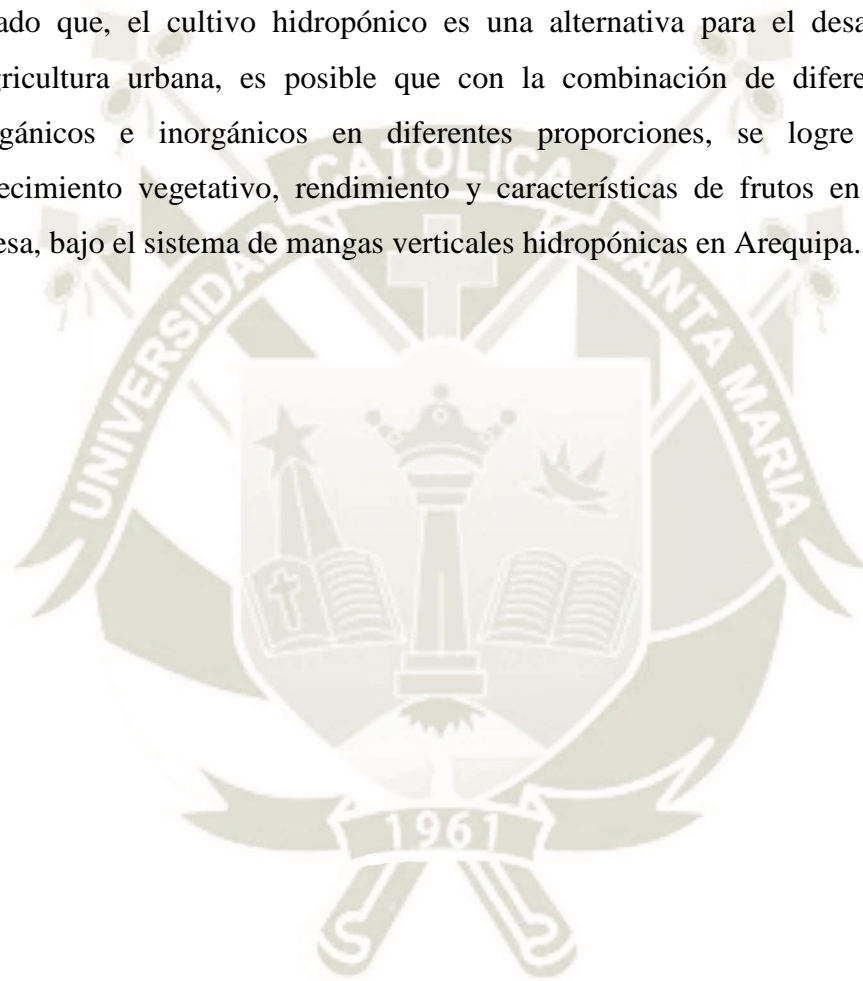
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Evaluar el porcentaje de prendimiento de plantas y crecimiento vegetativo en el cultivo de fresa con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.
- Determinar el efecto de diferentes combinaciones de sustratos en los componentes del rendimiento y características del fruto en el cultivo de fresa en mangas verticales hidropónicas.
- Determinar el efecto de las diferentes combinaciones de sustratos en el rendimiento y porcentaje de rendimiento de categoría de calidad en el cultivo de fresa en mangas verticales hidropónicas.

- Determinar las propiedades físicas y químicas de las diferentes combinaciones de sustratos al inicio y final del experimento.

1.4. HIPÓTESIS

Dado que, el cultivo hidropónico es una alternativa para el desarrollo de una agricultura urbana, es posible que con la combinación de diferentes sustratos orgánicos e inorgánicos en diferentes proporciones, se logre optimizar el crecimiento vegetativo, rendimiento y características de frutos en el cultivo de fresa, bajo el sistema de mangas verticales hidropónicas en Arequipa.



CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CULTIVO DE FRESA

2.1.1. ORIGEN DEL CULTIVO

La palabra fresa proviene del latín “fragans”, que significa fragante, es apreciada desde la antigüedad, ya que existen registros en escritos clásicos griegos y romanos (Maroto y López, citados por Nunes Damaceno 2007).

En Chile en el siglo XVII, exactamente en el año 1641, en el territorio de Concepción, el misionero español Alonso de Ovalle detalla acerca de unos frutos de fresa de gran tamaño, que posteriormente fueron clasificados como *Fragaria chiloensis* (Darrow 1966).

La fresa cultivada en la actualidad proviene del cruzamiento de la especie norteamericana de Virginia *Fragaria virginiana* Duch. y la fresa chilena *Fragaria chiloensis* L., a inicios del siglo XVIII se llevaron a Francia ambas especies donde se cultivaron en hileras de manera alternada, dando origen a un híbrido con frutos de mayor tamaño y calidad, denominada *Fragaria x ananassa* Duch. (Sudzuki 2002).

2.1.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Al botánico francés Antoine Nicolas Duchesne se le atribuye la identificación del híbrido natural *Fragaria x ananassa*. La fresa cultivada *F. x ananassa* Duch., es un miembro de la familia *Rosaceae*, subfamilia *Rosoideae*, junto con moras y frambuesas. Hay alrededor de 34 especies de *Fragaria* encontradas en Asia, América (Norte y Sur) y Europa, de las cuales, dos se cultivan comercialmente por su fruto: *F.*

moschata, la fresa almizclera y *F. vesca*, la fresa alpina del bosque. Estas especies fueron cultivadas durante siglos, pero hay muy poca producción de ellas hoy en día, debido al éxito de *F. x ananassa* (Husaini y Neri 2016:2).

Según Bonet Gigante (2010), la fresa es una dicotiledónea que pertenece al género *Fragaria*, su clasificación sistemática es:

Cuadro N° 1: Clasificación sistemática de la fresa.

Reino:	<i>Plantae</i>
Subreino:	<i>Embryobionta</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase:	<i>Rosidae</i>
Superorden:	<i>Rosanae</i>
Orden:	<i>Rosales</i>
Familia:	<i>Rosaceae</i>
Subfamilia:	<i>Rosoideae</i>
Tribu:	<i>Potentilleae</i>
Subtribu:	<i>Fragariinae</i>
Género:	<i>Fragaria</i>

Fuente: Tomado de Bonet Gigante 2010:3.

2.1.3. MORFOLOGÍA DEL CULTIVO

Es una planta perenne, que constantemente forma nuevos tallos, que le permiten vivir de forma indefinida (Ferriol Marchena 2010). En el ámbito científico y agrícola se le considera una planta hortícola de tipo herbáceo, siendo en realidad una planta leñosa con las mismas características fisiológicas que los árboles y arbustos frutales de hoja caduca (López Aranda 2008). Sobre la parte leñosa de la corona se forman las raíces funcionales, las hojas y otros órganos, ocurriendo de forma semejante en las especies caducifolias (Conafre, citado por Ortiz Arandia 2015).

a) Raíz

El sistema radicular es fasciculado, compuesto por raíces y raicillas. Las raíces son perennes, presentan cambium vascular y suberoso, las raicillas no presentan cambium vascular, son de color claro y su periodo de vida es corto, sufren un proceso de renovación fisiológico que está influenciado por factores ambientales, patógenos del suelo, etc., que rompen el equilibrio. En condiciones óptimas pueden alcanzar una profundidad de 2-3 m, normalmente no sobrepasan de los 40 cm, el 90% de las raíces se encuentra en los primeros 25 cm del suelo (Infoagro s. f.). Las raíces estructurales perennes o de soporte, se originan de la corona y son de un color café oscuro, también conducen el agua y los nutrientes hacia la parte superior de la planta, y los alimentos elaborados y los que se concentran en la corona, se desplazan hacia la zona inferior de la planta. Las raíces alimenticias, que son de vida corta, se encargan de la absorción del agua y nutrientes (Reyes Muñoz y Zschau Villagrán 2012).

b) Corona

Según Sistema Producto Fresa (2012:10), «el tallo principal es llamado corona y es de donde surgen los tallos florales así como las hojas y estolones».

Es de tamaño corto, de 2-3 cm, compuesta por un tejido leñoso y vascular. La parte central de la corona llamada médula, presenta células alargadas y son susceptibles a los daños por bajas temperaturas (Darrow 1966).

c) Estolón

Dávalos González et al. (2011:23) indican que, «botánicamente el estolón es un tallo rastrero que es emitido por la planta cuando el fotoperiodo y la temperatura son favorables».

La aparición de estas ramificaciones emitidas por la planta madre, tienen la capacidad de generar hojas y raíces, estas últimas al estar en contacto con el suelo, dan origen a una nueva planta. Los estolones permiten el intercambio del agua y nutrientes de la planta madre con sus hijas, lo que les permite sobrevivir en condiciones de poca humedad o daños radiculares. La corona puede producir de diez a doce estolones, estos a su vez dan origen a estolones secundarios, produciendo de cuatro a seis plantas por cada estolón. La poda de estos tallos rastreros en épocas tempranas estimula la floración. (Baraona Cockrell y Sancho Barrantes 1992).

d) Hojas

Las hojas aparecen en forma de roseta que provienen de la corona, el peciolo de las hojas es alargado y las dos estípulas que se encuentran en la base son de un tono rojizo (García Suárez 2010). Las hojas se caracterizan por ser compuestas y trifoliadas, con borde aserrado y ligeramente pubescente en el envés. Tienen un gran número de estomas (de 300 a 400 por mm cuadrado), junto a su sistema radical superficial, hacen que la planta de fresa sea muy sensible a la falta de agua, humedad ambiental, intensidad lumínica y duración del día (Baraona Cockrell y Sancho Barrantes 1992).

e) Inflorescencia

De acuerdo con Reyes Muñoz y Zschau Villagrán (2012:23), «las flores van agrupadas en inflorescencias que son tallos modificados en las que una bráctea en cada nudo sustituye a la hoja, mientras que la yema axilar de esta se desarrolla en una rama secundaria o eje de la inflorescencia».

Las flores de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) están dispuestas en inflorescencia de tipo corimbo o racimos (Tonelli 2010).

El tallo que soporta a la inflorescencia se denomina escapo floral, cada flor individual es soportada por el pedúnculo floral, el ramo floral el conjunto de escapo y pedúnculos. La inflorescencia contiene una flor primaria, dos secundarias, cuatro terciarias, ocho cuaternarias, sin superar el orden quinto (López Aranda 2008).

Para Reyes Muñoz y Zschau Villagrán (2012:23), «el largo de las inflorescencias depende del largo del día y de su genética».

f) Flor

Presenta flores de color blanco, los cultivares actuales son hermafroditas (Baraona Cockrell y Sancho Barrantes 1992). La flor está formada por un cáliz compuesto por un número variable de sépalos, la corola por cinco pétalos de color blanco, de veinte a veinticinco estambres, el número de pistilos también es variable. Se encuentran insertos en espiral sobre el receptáculo, cada pistilo está conformado por un ovario y un ovulo, al ser fecundado da origen al verdadero fruto (aquenio) (Bañados et al. 2015).

g) Fruto

El falso fruto es el receptáculo floral que se desarrolla y engrosa encima del cáliz, el cual es no climatérico; su tamaño depende de las características propias del cultivar (factores genéticos, fisiológicos y factores ambientales: autofertilidad, posición de la flor en la inflorescencia, número/tamaño de aquenios, etc.). Los verdaderos frutos son los aquenios, llamados erróneamente semillas, son de profundidad y prominencia variable (López Aranda 2008). Los aquenios son frutos secos indehiscentes, uniseminados de 1 mm, presentes en la superficie del receptáculo, un fruto mediano presenta de 150-200 aquenios, un fruto grande hasta 400 aquenios. De color variable amarillo, verde o marrón (Proexant, citado por Altamirano Hernández 2014).

Figura N° 1: Partes de la planta de fresa.



Fuente: Adaptado de Kops y Van Hall 1844.

2.1.4. ETAPAS FENOLÓGICAS

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2014:13) señala lo siguiente:

a) Etapa vegetativa

- **Brotación:** letargo, las yemas principales comienzan a crecer.
- **Desarrollo de las hojas:** de las primeras hojas emergentes, primeras hojas desplegadas hasta nueve o más hojas desplegadas.
- **Desarrollo de las partes vegetativas cosechables:** comienzo de la formación de estolón (de 2 cm de longitud), brotes de hijos de la planta para ser trasplantado.

b) Etapa reproductiva

- **Aparición de órgano floral:** primeras yemas florales salidas.
- **Floración:** primeras flores abiertas, plena floración y caída de pétalos.

c) Etapa productiva

- **Formación del fruto.**
- **Maduración del fruto.**
- **Senescencia y comienzo del reposo vegetativo.**

2.1.5. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- a) Altitud:** puede cultivarse a una altura 800 a 2500 m.s.n.m. (Benacchio Scotton 1982).
- b) Precipitación:** la precipitación anual para el cultivo de fresa se encuentra entre 900 y 1500 mm, debe haber suficiente humedad durante el crecimiento y desarrollo del mismo, y época relativamente seca y cálida en la maduración del fruto, ya que una época lluviosa, frío y nublado en la etapa de maduración afecta el rendimiento y calidad del fruto (Benacchio Scotton 1982).
- c) Humedad relativa:** el rango óptimo para el cultivo de fresa se encuentra entre 60-75 %, un porcentaje muy alto de humedad contribuye al desarrollo de enfermedades ocasionadas por hongos, por el contrario cuando la humedad es baja las plantas sufren daños fisiológicos que afectan la producción (Proexant, citado por Llumiquinga Quishpe 2017).
- d) Radiación (luz):** para obtener frutos de buena calidad, la fresa requiere de áreas un poco sombreadas, la cosecha debe contar con bastante insolación (Benacchio Scotton 1982).
- e) Temperatura:** la fresa es capaz de soportar temperaturas de hasta 2°C durante el reposo vegetativo. La parte vegetativa es muy resistente a las heladas, sin embargo los órganos florales son seriamente afectados con temperaturas inferiores a 0 °C (Bianchi, citado por Zaragoza Nieto 2013). 15-20 °C de temperatura media anual, son los valores óptimos para la fructificación, temperaturas inferiores a 12 °C durante el cuajado dan lugar a

frutos deformes, mientras que con las altas temperaturas los frutos no llegan a obtener el tamaño adecuado, debido a una maduración y coloración acelerada (Proexant, citado por Zaragoza Nieto 2013).

2.1.6. REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- a) **Textura:** la fresa es un cultivo que se adapta bien a los suelos francos y franco-arenosos, estos suelos deben de tener un buen drenaje para el normal crecimiento y desarrollo de la planta (Morales et al. 2017).
- b) **pH:** un suelo óptimo con un pH de 5.7 a 5.8, pudiendo desarrollarse en un rango de 4.5 a 7 (Benacchio Scotton 1982).
- c) **CE:** la fresa, a diferencia de otros cultivos, es sensible a la salinidad (Benacchio Scotton 1982).

La conductividad eléctrica en el extracto saturado debe ser inferior a 1 mmhos·cm⁻¹ (Ministerio del Medio Ambiente de Chile y ONUDI 2015).

La fresa se desarrolla de manera adecuada en suelos ligeramente ácidos, sueltos, aireados y bien drenados, ya que los suelos pesados limitan el desarrollo radicular. La raíz es altamente sensible a la salinidad, generando reducciones de hasta el 50% en el rendimiento de la planta. Se deben evitar suelos donde se haya cultivado antes papa, tomate, pimentón, melón, sandía y calabaza, con el fin de prevenir la propagación de enfermedades que comparten con estos cultivos (Cámara de Comercio de Bogotá et al. 2015:11).

2.1.7. PRÁCTICAS CULTURALES

a) Trasplante

Stolk, citado por Cochi Rivas (2017), señala que las plantaciones en campo deben realizarse a un distanciamiento de 20 a 40 cm entre plantas, en días nublados o a las últimas horas de la tarde.

Las plantas tienen que ser de un tamaño uniforme, en caso de adquirir plantas de diferente medida, hacer una selección previa, colocando por separado las de distinto calibre, descartando aquellas que presenten una corona de un diámetro menor a 8 mm. Las plantas a raíz desnuda deben trasplantarse lo antes posible, ya que se encuentran en activo crecimiento, sin pasar de los cuatro días desde que llegan al predio hasta que se establecen en campo, no exponerlas al sol y viento para evitar su deshidratación (Bañados et al. 2015).

b) Riego

Los riegos deben ser frecuentes y ligeros, las raíces de la fresa son superficiales se encuentran en los primeros 15 a 30 cm dentro del sustrato, por ello es importante mantener el sustrato constantemente húmedo, sobre todo en aquellos bien drenados (Hydroenvironment 2018a). El riego localizado es el más común y eficiente, la dosificación del agua y solución nutritiva se aplica de forma puntual a un volumen determinado del suelo, evitando el contacto del agua con hojas, flores y frutos se mejora la sanidad del cultivo (Cámara de Comercio de Bogotá et al. 2015).

La fresa en la etapa productiva requiere de 250 mm de agua al día por planta, para obtener una buena producción y frutos de buena calidad (Angulo Carmona 2009). El agua de riego no debe tener altas concentraciones de sales, ya que puede disminuir su rendimiento con concentraciones superiores a 0.8 mmhos.cm. (Chiqui Chiqui y Lema Cumbe 2010).

c) Fertilización

La fertilización en el cultivo de fresa, depende del cultivar, requerimientos de agua y nutrición del cultivo, teniendo en cuenta la tasa de absorción de nutrientes según el estado de desarrollo del cultivo, análisis físico-químico del agua de riego y suelo. La fertilización frecuentemente utilizada para la fresa es mediante el riego por goteo (Cámara de Comercio de Bogotá et al. 2015).

d) Poda

La poda es importante porque le da más vigor y fuerza a las plantas, traducido en un mayor desarrollo y floración (Hydroenvironment 2018a).

- **De formación**

Eliminar las primeras flores durante la etapa del desarrollo vegetativo para darle un mayor vigor y promover la formación de nuevas raíces. Para el buen desarrollo de la corona en la planta madre, deben eliminarse los estolones, para evitar gastos de energía innecesarios, que posteriormente será aprovechada por la planta durante la fructificación (Cámara de Comercio de Bogotá et al. 2015).

- **De producción**

De acuerdo con Angulo Carmona (2009:21), «los brotes productivos que ya dieron frutos deben ser eliminados para dar paso a los nuevos brotes vegetativos y reproductivos, los cuales a su vez van a estimular las nuevas inflorescencias y estolones secundarios».

- **De mantenimiento o deshoje**

Se aumenta la aireación y se disminuyen los problemas ocasionados por hongos, al eliminar aquellas hojas secas o que ya cumplieron con su función, estimulando la formación de nuevas flores y frutos (Angulo Carmona 2009).

- **Fitosanitaria**

Eliminación de hojas y flores que presenten síntomas de ataque de hongos, bacterias o ataque de ácaros u otras plagas (Angulo Carmona 2009).

e) Cosecha

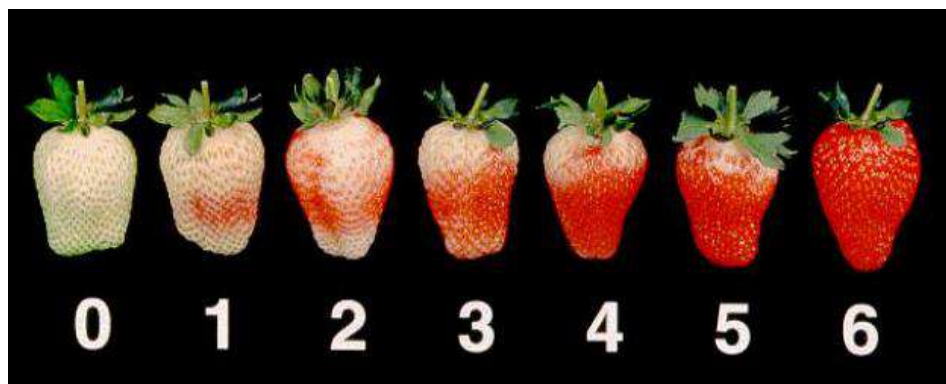
El punto o grado de madurez de la fruta, para su recolección, depende del mercado; puede recolectarse $\frac{3}{4}$ de madurez o con madurez completa si el mercado es inmediato y el uso es procesamiento; se debe evitar al máximo el manipuleo y empacar en cajas adecuadas (Pacheco 2001:4).

Para garantizar que la fruta sea cosechada con la más alta calidad, tomar en cuenta el propósito o destino de la fruta (fresca o congelada), las condiciones climatológicas para la cosecha, inocuidad de los alimentos y las medidas de calidad de la fruta (Bolda y Dara 2015:75).

Para Bolda y Dara (2015:75), «es necesario cosechar la fruta cada 2-3 días, dependiendo de la temperatura y demanda del mercado. Considerar los Intervalos de Entrada Restringida (REI) de los plaguicidas cuando se esté programando la cosecha».

La fresa es una fruta con un contenido superior al 90% de agua, por lo tanto es muy perecible y por consiguiente requiere de un manejo especial para evitar su deterioro especialmente en lo concerniente a hongos. Se debe comenzar la recolección lo más temprano posible para evitar que el sol la deshidrate y conserve sus propiedades organolépticas intactas (Angulo Carmona 2009:41).

Figura N° 2: Estados de maduración de la fresa a través de los colores.



Fuente: Tomado de SE 2002:14.

Cuadro N° 2: Estados de maduración de la fresa a través de los colores.

COLOR	DESCRIPCIÓN
0	Fruto de color blanco verdoso bien desarrollado, a este estado se le conoce como madurez fisiológica.
1	El fruto es aún de color blanco verdoso, con algunas áreas de color rosa en la zona apical.
2	Se incrementa el área de color rojo intenso en la zona apical.
3	El color rojo puro cubre hasta la zona media del fruto y la zona de cáliz presenta visos rosados.
4	Aumenta el área de color rojo intenso hacia el cáliz.
5	El color rojo intenso aumenta y empieza a cubrir la zona del cáliz.
6	El color rojo intenso cubre todo el fruto.

Fuente: Tomado de SE 2002:15.

2.1.8. CULTIVAR CAMAROSA

De origen californiano, de día corto y precoz, el fruto es de tamaño grande, externamente de un color rojo brillante, internamente muy coloreado y de buen sabor y gran firmeza. Su densidad de plantación es de cinco plantas por metro cuadrado (Sistema Producto Fresa 2005).

Buenas características para el mercado fresco y agroindustria, la planta es de gran vigor y buen desarrollo radicular. Es sensible a oídio. Su densidad de plantación es de 55000 plantas/ha (Reyes Muñoz y Zschau Villagrán 2012).

Es uno de los cultivares más importantes del mundo por su elevada rusticidad y producción. Se adapta a las diferentes condiciones edafoclimáticas, encontrándose desde regiones subtropicales, húmedas, regiones mediterráneas hasta regiones templadas (Bañados et al. 2015).

2.1.9. PLAGAS Y ENFERMEDADES

a) Plagas

- **PULGONES** (*Chaetosiphon fragaefolii*, *Aphis gossypii*, *Myzus persicae* y *Macrosiphum euphorbiae*).

Insectos de hasta 4 mm, con un cuerpo globoso y piriforme, que presentan un aparato bucal picador - chupador, utilizado para alimentarse de la savia del vegetal, se encuentran generalmente en posición inmóvil en las hojas de sus hospederos (Salas et al. 2016).

Generalmente se les encuentra en los brotes tiernos, succionan la savia de las hojas, sufriendo deformaciones y enrollamiento leve, afectando el normal crecimiento de la planta. La presencia de fumagina en las hojas, es un indicador de la presencia de pulgones en el cultivo (Cámara de Comercio de Bogotá et al. 2015).

Son transmisores de virus, pudiendo causar grandes pérdidas económicas si las plantas permanecen en campo varios años, pero el manejo de fresa para producción es de forma anual y bianual, siendo un problema mayor en la producción de plantas en viveros (Zalom et al. 2005).

- **BABOSAS** (*Deroceras* sp.).

Son moluscos que se caracterizan por ser viscosos y de cuerpo blando, secretan baba constantemente, que luego se seca y dejan rastros viscosos plateados; atacan hojas y raíces, ya que su vida la realizan en el suelo. En el cultivo de fresa, el exceso de humedad favorece su ataque, se alimentan de hojas, dejando los bordes desiguales y con agujeros, los frutos maduros presentan agujeros que no permiten su venta (IICA 2017).

- **ARAÑITA ROJA** (*Tetranychus urticae*).

La presencia de ninfas y adultos, se manifiesta en el envés de las hojas, raspando y chupando la savia de los vegetales, la tonalidad de las hojas cambia de verde a amarillento y posteriormente a café (Vázquez Gálvez y López Aranda 2008). La incidencia de ácaros en la etapa productiva afecta el rendimiento y tamaño del fruto (Strand, citado por Vázquez Gálvez y López Aranda 2008).

Los ácaros, cuando no son controlados, aparecen manchas amarillas en las hojas (Vázquez Gálvez y López Aranda 2008).

El daño más severo ocurre durante la época seca (IICA 2017).

- **COGOLLERO** (*Spodoptera frugiperda*).

Los adultos son nocturnos; de color café claro y de 2 cm de longitud, cuando están en reposo sus alas tienen forma de tejados. Las larvas presentan conducta canibalística, comiéndose entre ellas, las que sobreviven se alimentan de los brotes de la planta (Principales plagas de... 2017).

El mayor daño de los cogolleros, lo realizan las larvas de estos lepidópteros, al alimentarse de las hojas tiernas, ocultándose entre los pliegues de los cogollos; las hojas presentan perforaciones, también puede apreciarse lesiones en el fruto (Angulo Carmona 2009).

- **MOSCA DEL VINAGRE** (*Drosophila* sp.).

Son de 3 a 4 mm de largo, son de color amarillento claro a marrón oscuro, la zona dorsal del tórax presenta manchas oscuras en forma de líneas. La mayoría presenta ojos de color rojo. El daño lo realizan en frutas y vegetales excesivamente maduros (Jacobs 2013).

Las fresas sobre maduras y dañadas, que se encuentran en campo, son atractivas para la mosca del vinagre colocando sus huevos debajo de la piel de la fruta (pulpa), posteriormente las larvas se desarrollan alimentándose de ella, siendo un problema de contaminación (Zalom et al. 2005).

b) Enfermedades

- **MOHO GRIS** (*Botrytis cinérea*).

La alta humedad relativa y temperaturas óptimas entre 15 y 20 °C favorecen su desarrollo, aunque también podría desarrollarse a bajas temperaturas, en los tallos suculentos se manifiesta mediante lesiones hundidas con contorno definido, alargado y color oscuro. Las flores, presentan pétalos con pudriciones (Angulo Carmona 2009).

Se aprecia una mancha de color marrón o amarillenta hacia el final del cáliz, luego de unos días, la apariencia polvorosa gris clara cubre toda la superficie del fruto. El hongo puede afectar el 95% de los frutos después de 48 horas de haberse cosechado (Matamoros, citado por Chaves y Wang 2004).

- **PODREDUMBRE DE LA RAÍZ Y DEL CUELLO** (*Phytophthora cactorum*).

La pudrición se puede apreciar tanto en la corona como en frutos. Para su desarrollo requiere de humedad prolongada y temperaturas óptimas que oscilen entre 15 y 25 °C (Orihuela et al. s. f.).

La parte superior de la corona, en la mayoría de casos, muestra una apariencia acuosa y de color marrón claro, que luego se vuelve marrón intenso, la raíz no se ve afectada hasta que la parte aérea no haya muerto (Seemüller, citado

por Orihuela et al. s. f.). Los frutos también se ven afectados al presentar esporangios sobre su superficie (Orihuela et al. s. f.).

- **OÍDIO** (*Podosphaera aphanis*).

Las temperaturas suaves durante el día y la elevada humedad relativa favorecen su desarrollo. En la parte del envés de las hojas se puede apreciar un polvillo blanco, con una cierta decoloración en el haz, posteriormente aparecen manchas púrpuras y rojizas en el haz, otros de los síntomas son la curvatura de las hojas y defoliación abundante. También los peciolo, flores y frutos pueden presentar síntomas de la enfermedad (Phytoma 2018).

Los frutos se recubren del micelio blanquecino característico, los frutos verdes no llegan madurar completamente y los frutos maduros se deprecian considerablemente por su mal sabor y brillo opaco (Phytoma 2018).

- **ANTRACNOSIS** (*Colletotrichum acutatum*).

Temperaturas moderadas y cálidas como también exceso de lluvia y riego por aspersion, inciden en la severidad del ataque producido por el patógeno en el cultivo de fresa. La podredumbre de raíces causa marchitez de las hojas, tanto las raíces como la corona se decoloran; el peciolo, estolones y pedúnculo floral presentan lesiones elongadas de color marrón oscuro, la lámina foliar manchas circulares gris – marrón, la flor se decolora y se seca, en la fruta se pueden apreciar manchas hundidas firmes, secas, circulares a ovaladas, y marrones (Bolda et al. 2017).

2.2. LA HIDROPONÍA

2.2.1. DEFINICIÓN

Deriva de la palabra griega υδρο (Hydro) que significa agua y πονοξ (Ponos) que significa trabajo o esfuerzo; traducido como “trabajo en agua”. Según el diccionario de la real academia española, es cultivar plantas en soluciones acuosas; actualmente se considera parte de la hidroponía todas las formas de cultivo de plantas con algún soporte como arena, grava, etc., sin la utilización del suelo, la planta se alimenta de la solución nutritiva, aportada mediante el riego (Guzmán Díaz 2004). La hidroponía es el conjunto de técnicas que permite cultivar plantas sin utilizar el suelo. Generalmente las plantas que se producen son de tipo herbáceo, aprovechando espacios como azoteas, suelos infértiles, invernaderos, etc. Las estructuras del sistema pueden ser simples o complejas, las técnicas que utilizan sustrato son un medio de soporte para la planta; también hay técnicas estáticas y recirculantes del medio de cultivo, considerando también la temperatura, humedad, agua y nutrientes (Beltrano y Giménez 2015).

2.2.2. IMPORTANCIA DE LA HIDROPONÍA

Desde el punto de vista ecológico, económico y social se basa en su gran flexibilidad, aplicándose con éxito bajo distintas condiciones (ecológicas, económicas y sociales) y diversidad de usos (Solís Valencia 2016).

2.2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA HIDROPONÍA

a) VENTAJAS

De acuerdo con Beltrano y Giménez (2015), la hidroponía presenta las siguientes ventajas:

- Cultivo libre de contaminantes biológicos.
- No depende de los fenómenos meteorológicos.
- Se puede producir en contra estación.

- Permite una mayor producción en espacios reducidos.
- Ahorro en el consumo de agua.
- Menor uso de fertilizantes e insecticidas.
- No se utiliza maquinaria agrícola.
- Predomina la limpieza e higiene durante el manejo del cultivo.
- Precocidad en la producción.
- Automatización del sistema.
- El producto final es de mejor calidad.
- Se acelera el proceso del cultivo.
- Monocultivo.
- Productos libres de químicos no nutrientes.

b) DESVENTAJAS Y FORMAS DE SUPERARLAS

Bosques Vargas (2010), señala lo siguiente:

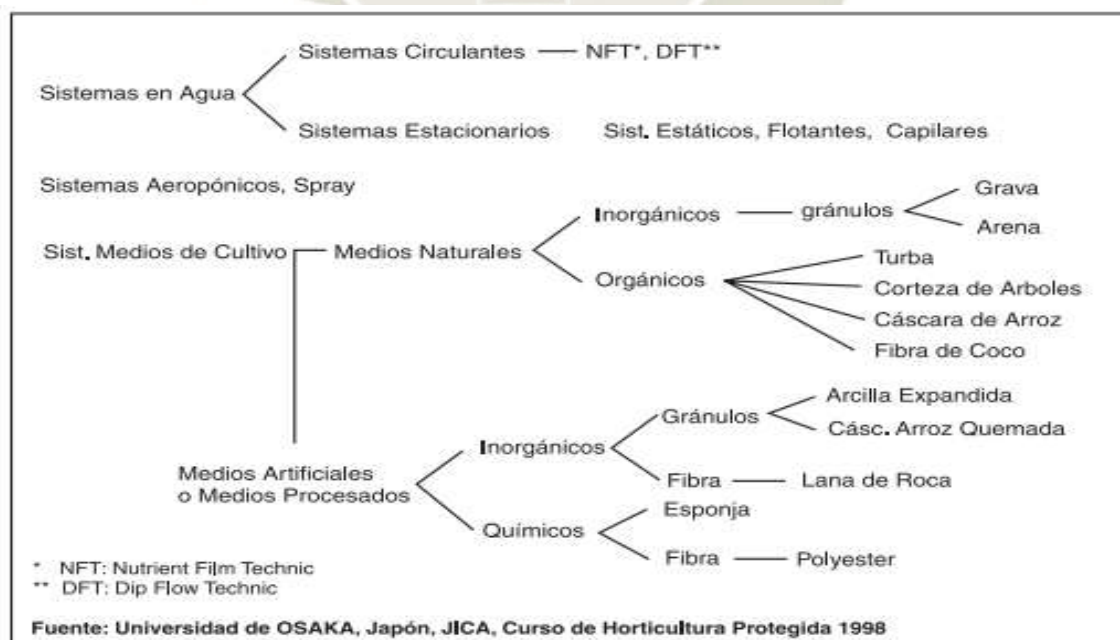
- Costo inicial elevado. Gracias a la gran diversidad de técnicas hidropónicas, es posible escoger la que más se ajusta al bolsillo del productor.
- Elevado costo de producción por depender de un personal capacitado contratado. Realizar pequeños ensayos, para que el propio productor adquiriera experiencia en su propio proyecto.
- Desconocer el sistema hidropónico apropiado para producir un determinado cultivo. Informarse detalladamente y comparar los sistemas que mejor se ajustan al cultivo de interés.
- El desconocimiento del manejo del cultivo hidropónico puede reducir notablemente el rendimiento. Previa capacitación de cada uno de los factores que lo involucran, y ponerlo en práctica, con la finalidad de obtener buenos rendimientos.

- Al no tener mucha experiencia en el manejo de las soluciones nutritivas puede alterar su composición, afectar la apariencia y calidad de las plantas. Leer las instrucciones y recomendaciones del manejo de las sales nutritivas.
- Desconocer el mercado del producto. Averiguar sobre clientes potenciales y productos que presentan una mayor demanda en el mercado.
- Falta de compromiso al realizar las labores de cultivo. Una mayor constancia y dedicación para lograr mayores rendimientos y un mejor producto hidropónico.

2.2.4. SISTEMAS DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS

Los sistemas hidropónicos, pueden clasificarse en dos grupos: a) técnicas de medio líquido, donde la solución se recircula (NFT), hidroponía en flotación y aeroponía b) técnicas con sustrato como cultivos en arena, grava y otros sustratos, donde la solución nutritiva se suministra a cada planta por medio de sistemas de riego por goteo (Adams, citado por Juárez-Rosete et al. 2007).

Figura N° 3: Distintos sistemas y medios para cultivos sin suelo.



Fuente: Tomado de Gilsanz 2007:7.

a) Sistema hidropónico vertical o en columnas

El sistema hidropónico vertical, tiene sus orígenes en Italia, Universidad de Catania en el año 1976 (Pilares Valencia et al. 2010).

Puede llevarse a cabo en tubos de PVC, lámina galvanizada, etc., por su peso estos deben ir soportados al piso, actualmente el material que más se utiliza es el polietileno (tubo plástico), por su bajo peso se evita problemas de drenaje e incidencia de plagas y enfermedades al no estar en contacto con el suelo, los tubos pueden ir suspendidos sobre una estructura metálica, o también en árboles y cornisas de los techos (Pilares Valencia et al. 2010).

De acuerdo con Navarro Castillo (2001:38), «el sistema de cultivo en soporte suspendido permite aumentar la productividad del invernadero al utilizar no solo la superficie del suelo sino el volumen del mismo».

La buena iluminación del sistema es importante, de lo contrario se reduce el rendimiento, al haber una menor tasa fotosintética de las plantas (Paye Huaranca s. f.).

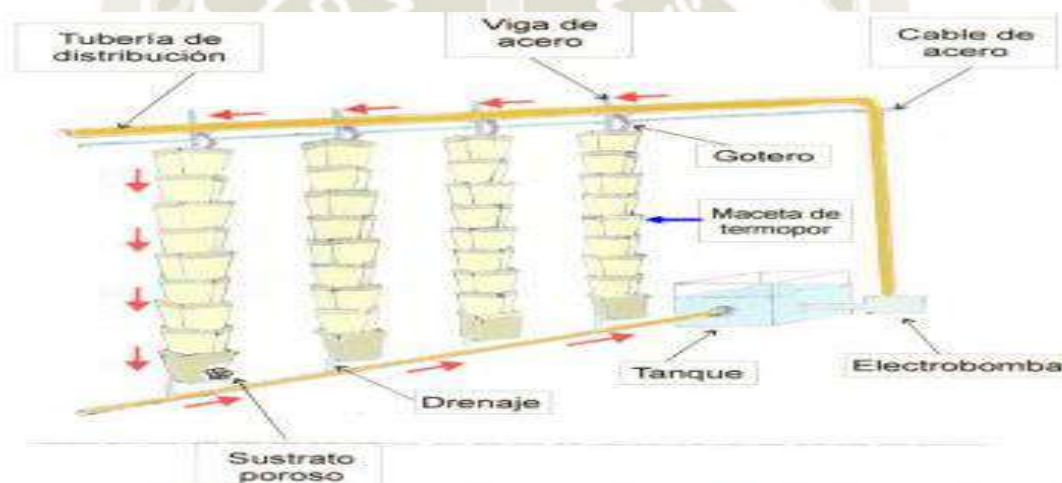
Sánchez et al., citados por Cochi Rivas (2017), señalan que las ventajas de los sistemas verticales son: la reducción de la cantidad de agua aplicada durante el riego, adecuado control de malezas, el mantenimiento del sistema es fácil y cómodo. Siendo las desventajas: el costo inicial elevado, la distribución del riego no es uniforme y mayores pérdidas de agua por percolación.

b) Fertirriego en el sistema hidropónico vertical

Se utilizan goteros de 4 a 8 litros por hora, que van unidos a un conector con cuatro salidas, por cada salida se inserta un microtubo de 3 mm de diámetro, colocados a diferentes puntos de la columna en caso de utilizar macetas, cuando se emplea mangas plásticas los microtubos se colocan en los agujeros

que se encuentran en la parte superior. Al encender el sistema, la solución nutritiva ingresa por los microtubos, el sustrato se humedece por gravedad (UNALM s. f.). El fertirriego es específico para las condiciones de cada cultivo; la solución nutritiva, dosificación, intervalos de riego, drenajes, pH y CE del agua y de la solución, difieren de una especie a otra, de igual manera es importante tener en cuenta la uniformidad del riego y obstrucción de goteros (Navarro Castillo 2001).

Figura N° 4: Esquema ilustrativo del sistema de sustrato en macetas verticales.



Fuente: Tomado de Rodríguez Delfín 2011?:11.

c) Razón para cultivar fresas en el sistema vertical

Es posible obtener un mayor rendimiento de fresas mediante este sistema, si se le compara con la forma tradicional de cultivar, ya que se puede colocar un mayor número de plantas por unidad de área (Caso Ramos 2001).

d) Cultivo en mangas verticales

Se cultiva en tubos de polietileno que pueden tener diferentes medidas, que varían desde 0.5 a 2 metros, van amarrados a una estructura desde su extremo superior, que funciona como soporte de la manga. El riego se realiza por

goteo, descargándose sobre la manga de 2 a 4 litros de agua al día. Generalmente la solución no es recirculante y los sustratos utilizados en este sistema deben ser ligeros (Oasis Easy Plant 2017?). Las mangas plásticas de polietileno deben ser de 0.15 mm de espesor, el diámetro de 6.5 pulgadas y de 1.7 metros de largo, se taponará el extremo inferior para evitar pérdidas del sustrato y luego realizar perforaciones para que drene el agua en exceso (Pilares Valencia et al. 2010). El sustrato debe tener un tamaño de partícula entre 1-5 mm, para una buena retención de agua y buen drenaje, algunos de los materiales empleados para este sistema son: la piedra pómez, cascarilla de arroz, fibra de coco, aserrín compostado y turba (Soto Bravo 2015).

Fotografía N° 1: Esquema ilustrativo del sistema hidropónico vertical en mangas y macetas.



Fuente: Tomado de Rodríguez Delfín 2011?:41.

2.3. SUSTRATOS

Es el medio por el cual se sustituye al suelo, el cual será colocado dentro de un contenedor, puede ser utilizado puro o en mezclas; el sustrato óptimo se define por la especie vegetal de interés a cultivar, tamaño del contenedor, condiciones climáticas, área del terreno y el costo del sustrato mismo (Soria Campos 2012).

2.3.1. FUNCIONES DE LOS SUSTRATOS

Según Alvarado y Solano (2002), las funciones que debe cumplir un sustrato para el buen crecimiento de las plantas son:

- Brindarle a la planta anclaje y soporte.
- Buena retención de humedad y disponibilidad para la planta.
- Facilitar el intercambio gaseoso entre las raíces y atmósfera.
- Almacenar y suministrar nutrientes a la planta.

La única función que está asegurada para el productor después de haber realizado la mezcla del sustrato es el anclaje y soporte de la planta, las otras tres deben ser manejadas por él mismo (Reed, citado por Herrera Gómez 2011).

De acuerdo con Alvarado y Solano (2002), para que un sustrato lleve a cabo sus funciones, este debe poseer:

- Peso ligero.
- Elevada porosidad.
- Un buen drenaje y también buena retención de humedad.
- Una ligera acidez y buena CIC.
- Un volumen constante tanto en estado húmedo como en seco.
- Periodos largos de almacenamiento sin sufrir cambios en sus propiedades físicas y químicas.
- Un fácil manejo y mezcla.

Las propiedades físicas de un sustrato no pueden modificarse fácilmente luego de haber sido puesto en un contenedor, por ello se les considera más importantes que las químicas, ya que estas últimas a diferencia de las físicas, sí pueden ser alteradas con facilidad una vez que el sustrato se haya establecido en el contenedor (Cabrera y Johnson c2014).

El sustrato no solamente debe poseer propiedades físicas favorables para las plantas, sino también propiedades químicas en niveles óptimos (Bowman y Paul, citados por Cabrera 1999). Se deben realizar mezclas con materiales inorgánicos, ya que es posible mejorar las condiciones de crecimiento para las plantas (Baumgarten 2008).

2.3.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUSTRATOS

Las propiedades físicas de los sustratos que se deben tener en cuenta en cultivos hidropónicos son: el espacio poroso total, la capacidad de retención de agua, capacidad de aireación, la densidad aparente y densidad real o de partículas (Pastor, citado por Pire y Pereira 2003).

a) Tamaño de partícula o granulometría

Es la distribución de partículas según su tamaño; cuanto mayor sea el tamaño medio de la partícula, mayor será la porosidad (Quesada y Méndez, citados por Villegas Torres et al. 2017).

El tamaño de partícula influye sobre las características físicas, sobre todo en la porosidad ocupada por agua (microporos) y aire (macroporos) (Ansorena Miner 1994).

b) Porosidad total o espacio poroso

Es el porcentaje de un volumen determinado que no se encuentra ocupado por partículas (fase sólida), resulta de la división entre el volumen de poros y el volumen total del medio que ocupa en el contenedor (Ansorena Miner 1994).

Aquel volumen del sustrato que no está ocupado por la porción orgánica e inorgánica (Pastor Sáez 1999). Por lo tanto, esta porción estará ocupada por aire o agua (macroporos o microporos); siendo el valor óptimo superior al 80-85 % (Infoagro 2017a).

c) Porosidad de aireación

Es la parte del volumen del sustrato que contiene aire, luego de que el sustrato ha sido saturado y posteriormente se le dejó drenar (normalmente a 10 cm de columna de agua). El valor óptimo se encuentra entre 10 y 30 % (Pastor Sáez 1999).

Un recipiente que contiene un determinado sustrato, y que ha sido llevado a saturación y seguidamente se le dejó drenar, se dice que el medio está en capacidad de recipiente, con ese nivel de humedad del volumen del medio, la parte ocupada por la fase gaseosa, se denomina porosidad de aireación (Ingram et al., citados por Pire y Pereira 2003).

d) Capacidad de retención de agua

Volumen de agua retenido por el sustrato después de haber sido llevado a saturación y posteriormente dejándose drenar libremente todo el agua a través de la gravedad (Chen López 2018).

e) Densidad real

De acuerdo con Ansorena Miner (1994:45), «se define como el cociente entre la masa de las partículas del medio de cultivo y el volumen que ocupan, sin considerar los poros y huecos».

f) Densidad aparente

Se define como la relación entre la masa o peso de las partículas y el volumen aparente que estas ocupan, es decir, incluyendo al espacio poroso total existente entre las mismas. El volumen aparente es el volumen ocupado por un sustrato, considerando materiales sólidos y los poros internos y externos, tanto abiertos como cerrados, se expresa generalmente en g/cm^3 (Villegas Torres et al. 2017:16).

Según Ordaz Chaparro (2010), resulta de la división del peso seco y el volumen aparente que ocupa el sustrato húmedo drenado a 10 cm c. a.

2.3.3. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUSTRATOS

a) Potencial de hidrógeno

Es el logaritmo negativo de la concentración de iones de H^+ . Va en una escala de 0 a 14, siendo ácido cuando el pH es menor a 7 y alcalino cuando es mayor a 7. Cuando reacciona la muestra (solución) de un determinado sustrato, su expresión del valor está situada dentro de este rango (Burés Pastor 2002).

Cuando se compara el pH de diversas muestras de sustratos, deben realizarse con la misma proporción de sustrato y agua, ya que el pH varía dependiendo del grado de dilución de la muestra del sustrato en agua (Burés Pastor 2002).

De acuerdo con OIRSA (2002:15), «el pH de la solución de un sustrato depende de la especie a cultivar y también es importante porque determina la disponibilidad de nutrientes para la planta».

b) Conductividad eléctrica

De acuerdo con Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (2000:1), «es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura».

La CE indica de manera próxima la concentración de sales en la solución del sustrato, generalmente se expresa en dS/m, sin embargo dependiendo de la unidad utilizada, se tendrá una referencia diferente en las interpretaciones (Burés Pastor 2002).

Cuadro N° 3: Niveles óptimos de las propiedades físicas y químicas de los sustratos.

Propiedad	Nivel óptimo
Tamaño de partícula (mm)	0.25 - 2.50
Densidad aparente (g/cm ³)	<0.40
Densidad real (g/cm ³)	1.45 - 2.65
Porosidad total (% en volumen)	>85
Retención de agua a 10 cm c. a. (% en volumen)	55 - 70
Porosidad de aireación (% en volumen)	10 - 30
pH (extracto de saturación)	5.2 – 6.3
CE (extracto de saturación, dS/m)	0.75 – 3.49

Fuente: Adaptado de Ansorena Miner 1994.

2.3.4. SUSTRATOS DEL EXPERIMENTO

a) Cascarilla de arroz

Es un sustrato liviano, de baja retención de humedad, utilizado en mezclas para favorecer a la aireación, su descomposición es muy lenta (Mora s. f.). La cascarilla de arroz es usada para favorecer el buen drenaje, se encuentra disponible a bajo costo en ciertas áreas, es de peso ligero, uniforme en grado y calidad, presenta mayor resistencia a la descomposición que la tusa de maíz, su efecto es mínimo en la reducción del nitrógeno por los microorganismos del suelo. Es un sustrato que no introduce plagas. Este material orgánico se usa sin compostar, presenta altas cantidades de carbono, potasio y sílice (OIRSA 2002). El alto contenido de sílice que presenta la cascarilla de arroz, es el responsable de su baja tasa de descomposición, siendo un desecho de la industria molinera, posee una baja tasa de retención de humedad inicial, que con el paso del tiempo, a medida que la cascarilla envejece, mejora su capacidad de retención de agua; es químicamente inerte en su etapa inicial (Calderón Sáenz y Cevallos 2001).

Cuadro N° 4: Composición química de la cascarilla y cenizas de arroz.

Cascarilla de arroz		Ceniza de cascarilla de arroz	
Componente	%	Componente	%
Carbono	39.1	Ceniza de sílice (SiO ₂)	94.1
Hidrógeno	5.2	Óxido de calcio (CaO)	0.55
Nitrógeno	0.6	Óxido de magnesio(MgO)	0.95
Oxígeno	37.2	Óxido de potasio (K ₂ O)	2.1
Azufre	0.1	Óxido de sodio(Na ₂ O)	0.11
Cenizas	17.8	Sulfato	0.06
		Cloro	0.05
		Óxido de titanio(TiO ₂)	0.05
		Óxido de aluminio(Al ₂ O ₃)	0.12
		Otros componentes (P ₂ O ₅ , F ₂ O ₃)	1.82
Total	100	Total	100

Fuente: Tomado de Prada y Cortés 2010:156.

b) Piedra pómez

Es de origen volcánico, posee buena retención de humedad, se puede obtener en diferentes tamaños de partículas, es un material estable físicamente y durable, biológicamente inerte (Mora s. f.). Sus partículas son ligeras y flotan en el agua, tiene una alta porosidad, tiene una buena capacidad de aireación y también retención de agua (IGEO s. f.). La piedra pómez está compuesta fundamentalmente por sílice y aluminio. Es de color blanco, su porosidad le permite absorber y retener agua, es un sustrato liviano que puede flotar en agua, ya que retiene aire en sus poros, sus poros cerrados le confieren una baja densidad (Jiménez Sevilla 2016).

c) Gravilla

Son partículas que provienen de depósitos naturales o trituradas artificialmente; proporciona una excelente aireación, pero la retención de agua es escasa, aproximadamente de 17 % (Hydroenvironment 2018b). Las partículas utilizadas para hidroponía en sustrato están en un rango de 2 mm a 2 cm de diámetro. Para el cultivo en grava se requiere el uso de tinas impermeables, las raíces de las plantas van colocadas en estas tinas, las

partículas de gran tamaño como la grava aseguran una excelente aireación (mayor de 2 mm), pero no retienen suficiente humedad disponible para la zona de raíces (Infoagrónomo 2010). La grava es de baja capilaridad, de buen drenaje, por ello se puede utilizar para la producción de plantas en canaletas (Calderón Sáenz y Cevallos 2001).

d) Arena

Las arenas de río son las más recomendables, su capacidad de retención de humedad es media, la aireación disminuye con el tiempo por la compactación, CIC es nula. El pH varía entre 4 y 8. Es un material que perdura en el tiempo. Es usada frecuentemente como sustrato de enraizamiento y cultivo en contenedores (Infoagro 2017b). Las arenas finas reducen el drenaje y la aireación, algunas contienen partículas de limo y arcilla, por lo que deben ser removidas mediante el lavado, para hidroponía su granulometría más adecuada oscila entre 0.5 y 2 mm de diámetro. Cuando el porcentaje medio de partículas se encuentra entre 0.25 a 0.5 mm la porción de arena utilizada debe ser relativamente pequeña, de no ser así se producirá un cemento, originando una compactación mayor que la deseada. La arena es un agregado económico pero a su vez muy pesado, esto aumenta los costos de manejo en un medio que la contiene (OIRSA 2002). La arena de río, es adecuada para un óptimo crecimiento radicular, la cual debe ser lavada, colada y tamizada antes de su uso como sustrato (Irigoyen y Cruz Vela 2005).

e) Mezclas de sustratos

Las mezclas de sustratos, al ser colocadas en macetas, están sometidas a tensiones de humedad diferentes al de un suelo en campo abierto, ya que las condiciones físicas están impuestas por el contenedor (Poole et al., citados por Pire y Pereira 2003). Por ello la mezcla debe suministrar una óptima aireación, capacidad de retención de agua y soporte a la planta, también un peso liviano y de fácil disponibilidad (Bell, citado por Pire y Pereira 2003).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Fundo “La Banda” Huasacache, propiedad de la Universidad Católica de Santa María, ubicado en el distrito de Jacobo Hunter, provincia y departamento de Arequipa. Según Google Earth (c2019) geográficamente se encuentra a $16^{\circ}27'28.24''$ latitud sur, $71^{\circ}33'58.59''$ longitud oeste, y a una altitud de 2208 m.s.n.m.

Fotografía N° 2: Ubicación del área experimental.



Fuente: Adaptado de Google Earth c2019.

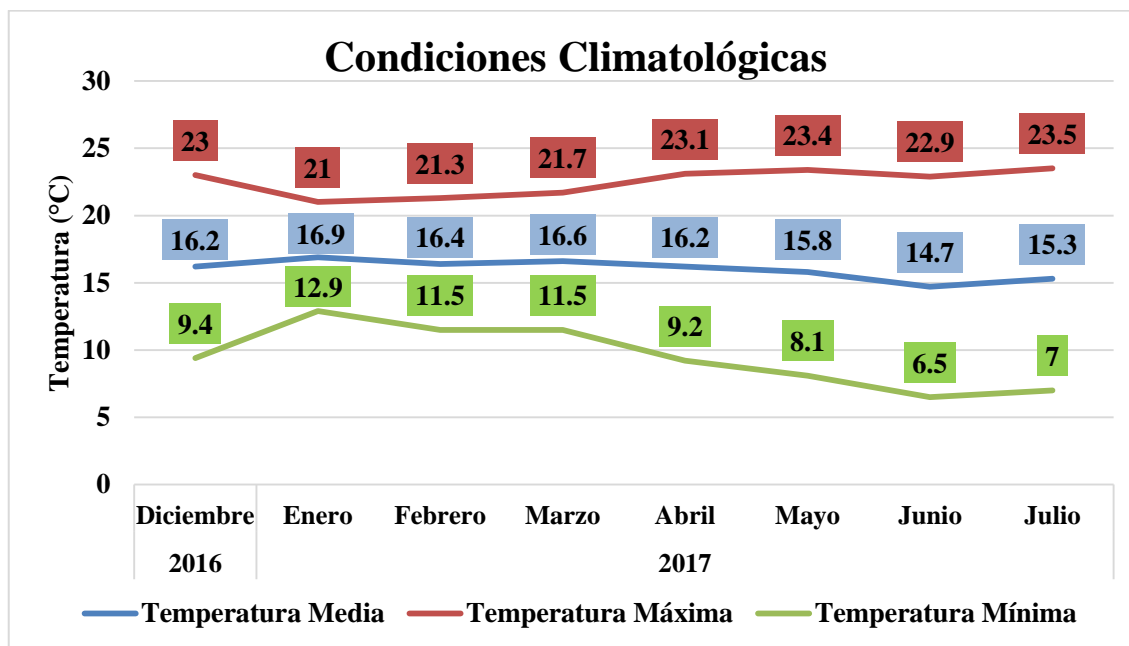
3.2. FECHA DE INICIO Y FECHA DE TÉRMINO

Fecha de inicio: 5 de diciembre del 2016

Fecha de término: 31 de julio del 2017

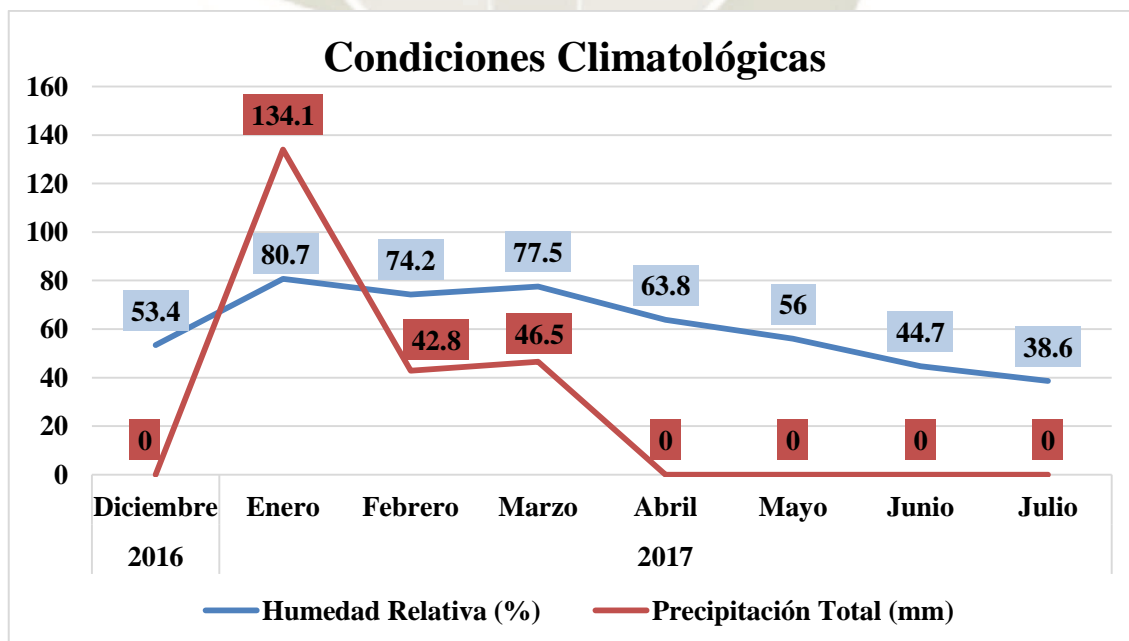
3.3. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

Gráfico N° 1: Temperatura de la estación Huasacache.



Fuente: Adaptado de SENAMHI 2017.

Gráfico N° 2: Humedad relativa y precipitación total de la estación Huasacache.



Fuente: Adaptado de SENAMHI 2017.

3.4. ANÁLISIS DE AGUA

El análisis de la muestra de agua realizado en el Instituto Nacional de Innovación Agraria, indica que el agua utilizada durante la realización del trabajo de investigación, presenta un pH neutro (7.33) y CE no salina (0.26 dS/m).

Porta, citado por Pérez León (2011), indica que un agua de clase C2S1 es de salinidad moderada y bajo peligro en sodio, apta para el riego de la mayoría de cultivos.

Cuadro N° 5: Análisis químico de agua potable, Fundo “La Banda” Huasacache.

		PERÚ	Ministerio de Agricultura		Instituto Nacional de Innovación Agraria	EEA Santa Rita Arequipa
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS ESTACION EXPERIMENTAL- AREQUIPA INIA						
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE			ARTURO CARPIO AMEZQUITA			
PROCEDENCIA			HUASACACHE			
MUESTRA			AGUA			
CODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	N° DE INFORME	
7031	31/10/2016	FUNDO LA BANDA	1	COMPLETO	7005	
ANALISIS QUIMICO						
CATIONES			GRADO DE RESTRICCION			
ELEMENTO	EQUIVALENCIA	VALOR	NINGUNO	BAJO	ALTO	SEVERO
SODIO (Na)	meq/l	0.848	██████████			
POTASIO(K)	meq/l	0.103	██████████			
MAGNESIO(Mg)	meq/l	0.400	██████████			
CALCIO(Ca)	meq/l	1.470	██████████			
SUMATORIA		2.821				
ANIONES			GRADO DE RESTRICCION			
ELEMENTO	EQUIVALENCIA	VALOR	NINGUNO	BAJO	ALTO	SEVERO
CLORUROS (Cl)	meq/l	1.250	██████████			
SULFATOS (SO4)	meq/l	0.715	██████████			
CARBONATOS (CO3)	meq/l	0.000	██████████			
BICARBONATOS (HCO3)	meq/l	1.333	██████████			
SUMATORIA		3.298				
C.E	EQUIVALENCIA	VALOR	NO SALINO	BAJO	ALTO	SEVERO
	dS/m	0.26	██████████			
pH		7.33	ACIDO	NEUTRO		ALCALINO
SAR		0.88				
PSI		30.06				
CLASE		C2-S1				
DUREZA TOTAL ppm CaCO3						
VALOR	MUY BLANDA	BLANDA	SEMIBLANDA	SEMIDURA	DURA	MUY DURA
64.00	██████████					
Según la clasificación de Riverside es un agua de clase C2-S1, agua de salinidad media, adecuado para el riego de cultivos; agua con bajo contenido de sodio sin riesgo de toxicidad. (Dureza de agua (Blanda)						

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ENC. LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
EE. AREQUIPA - TRIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ING. MSc. VALERIANO HUARDO SACACHIPANA
DIRECTOR
EEA AREQUIPA

Fuente: Tomado de INIA 2016:(1).

3.5. MATERIALES

3.5.1. BIOLÓGICO:

- Plantas de fresa, el cultivar que se empleó en el experimento fue “Camarosa”, el cual se adquirió a raíz desnuda de INIA - Estación Experimental Agraria Donoso, ubicado en la provincia de Huaral, departamento de Lima.
- Biocerámica (bioinsecticida-bioacaricida)
- Biosar (biofungicida)
- EM-5 Microorganismos eficaces (biofungicida-bioacaricida)

3.5.2. DE CAMPO:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Abamectina (insecticida-acaricida) • Ácido fosfórico • Ácido sulfúrico • Alfacipermetrina (insecticida) • Arena fina • Benomyl (fungicida sistémico) • Cámara fotográfica • Cascarilla de arroz • Clorpirifos (insecticida) • Corrector de sales • Electrobomba periférica Markers 0.5 H.P. • Enraizante Root-Hor • Estaca de riego por goteo de 3 mm • Goteros Click Tif de 2 LPH | <ul style="list-style-type: none"> • Gravilla • Interruptor de luz de 2 x 32A • Jabón potásico (insecticida-acaricida) • Letreros para las unidades experimentales • Manga de polietileno de 12” ½ • Manómetro de presión • Microtubos de PVC de 3 mm • Piedra pómez • Polietileno transparente • Sacabocado • Solución nutritiva para fresa • Sulfato de cobre pentahidratado (fung. sist.) • Tanque de almacenamiento de agua |
|---|--|

- Tubería de microirrigación 20 mm
- Tubo de PVC 1”
- Tubo de PVC ½”
- Válvula check 1” con canastilla de bronce
- Válvula de paso de agua 1”
- Varilla de construcción fierro corrugado ¾" x 9 m
- Vasos descartables
- Vigorfol floración (fertilizante foliar)
- Wincha
- Unión universal de polipropileno roscado 1”

3.5.3. DE LABORATORIO:

- Agitador eléctrico
- Agitador magnético
- Agua destilada
- Bandeja de plástico
- Balanza electrónica de precisión
- Bureta
- Cilindro de PVC
- Conductímetro
- Cubeta de vidrio
- Embudo de 6 cm
- Embudo de vástago corto 22 cm
- Estufa
- Fenolftaleína al 1 %
- Hidróxido de sodio 0.1 N valorada
- Matraz Erlenmeyer
- Mortero de laboratorio
- Papel filtro
- Papel kraft
- Penetrómetro
- pHímetro
- Probeta
- Refractómetro
- Utensilio: cuchillo, espátula, cuchara
- Vaso de precipitado de 500 ml
- Vaso de precipitado de 1 lt
- Vernier

3.6. COMPONENTES EN ESTUDIO

3.6.1. SEIS COMBINACIONES DE SUSTRATOS

3.6.2. FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. CAMAROSA

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con seis tratamientos y cuatro repeticiones, con un total de 24 unidades experimentales. Por cada unidad experimental, se colocaron 28 plantas de fresa.

Cuadro N° 6: Descripción de los tratamientos.

N° de Tratamiento	Descripción (% en volumen)
T1	80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez
T2	60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez
T3	80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla
T4	60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla
T5	80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina
T6	60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina

Área total del experimento: 43.61 m

Volumen de la manga: 0.05 m³

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la comparación de medias de los parámetros evaluados, se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey, mediante el programa estadístico InfoStat 2018.

3.9. CROQUIS DEL EXPERIMENTO

Figura N° 5: Área del experimento en el módulo de hidroponía.

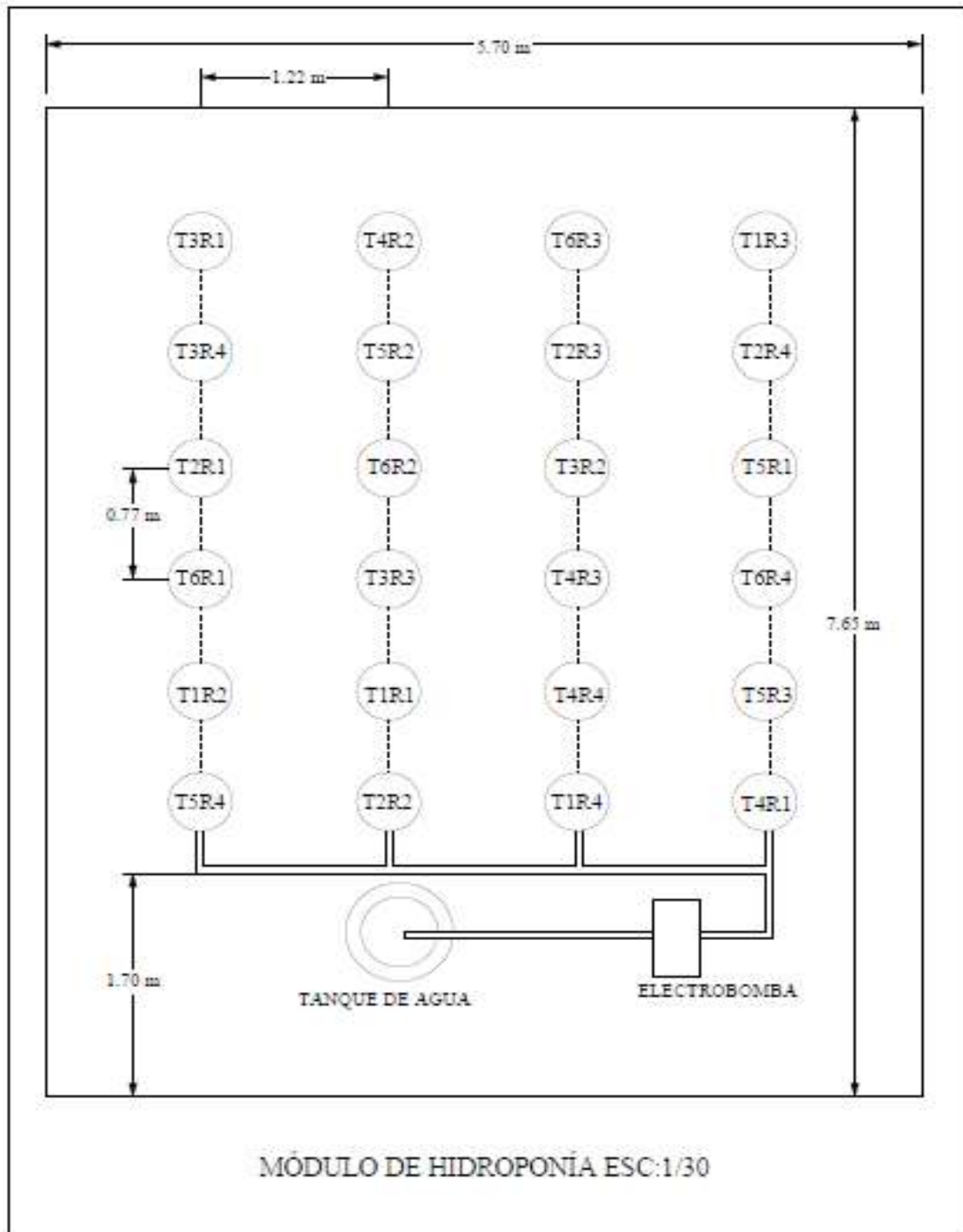


Figura N° 6: Vista 1 del área experimental.

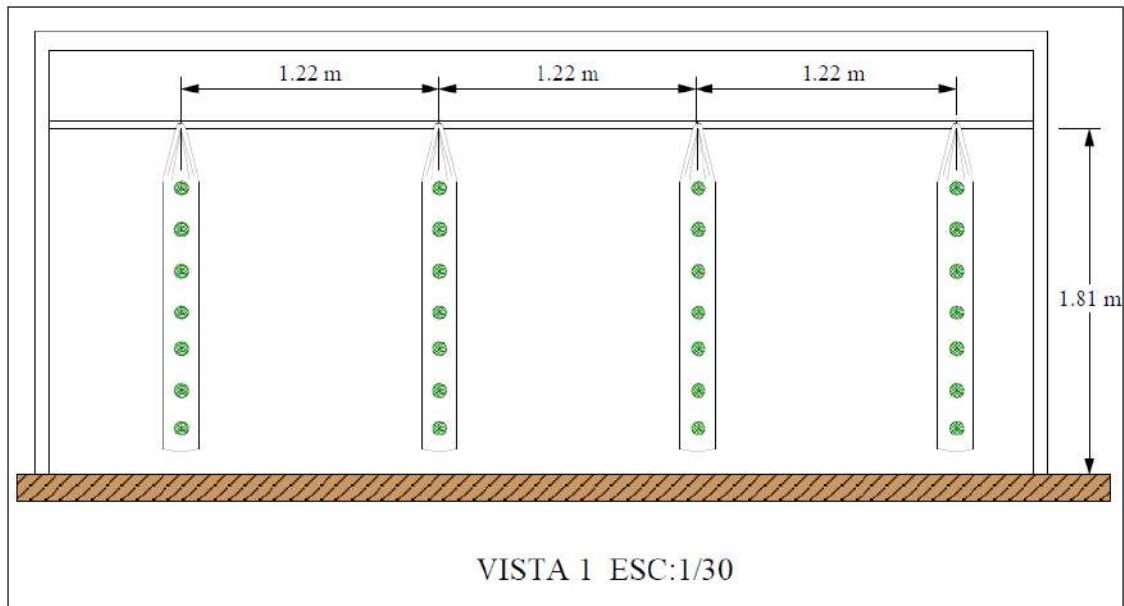


Figura N° 7: Vista 2 del área experimental.

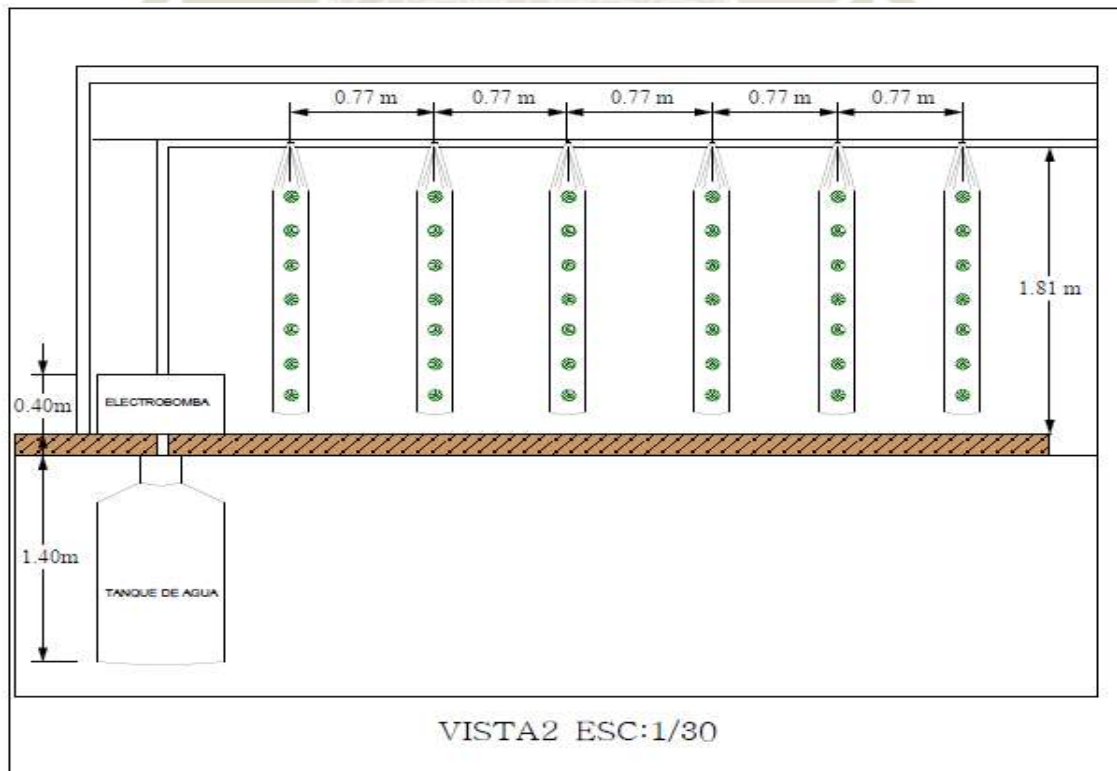
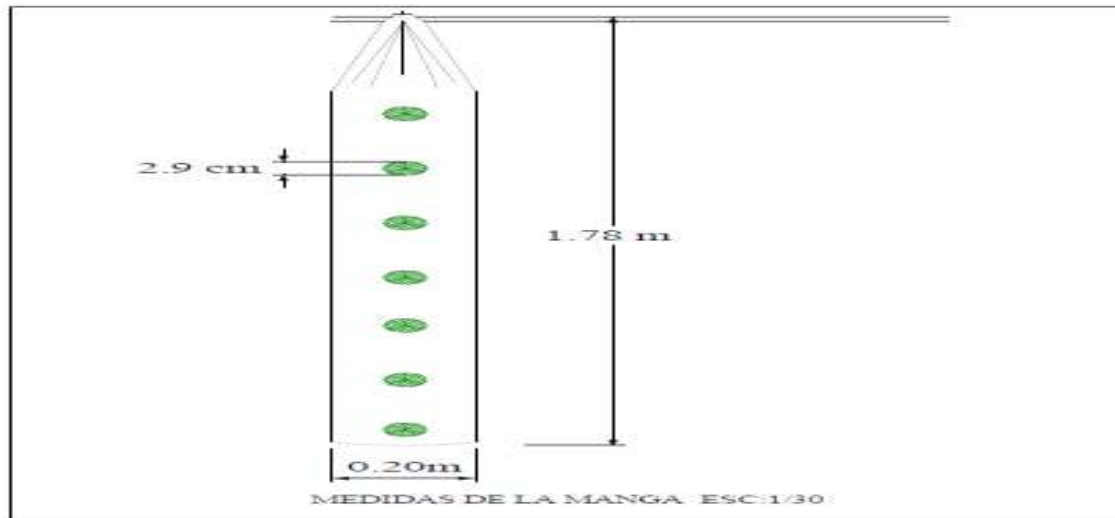


Figura N° 8: Medidas de la manga de polietileno.



3.10. DESARROLLO Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.10.1. INSTALACIÓN DEL SISTEMA

Esta fase de instalación se llevó a cabo prácticamente durante todo el mes de diciembre del 2016, teniendo en cuenta el siguiente procedimiento:

a) Limpieza del terreno

Se procedió a deshierbar las malezas presentes, despedregar, recoger el rastrojo y nivelar el terreno.

Fotografía N° 3: Terreno desnivelado y con presencia de malezas.



Fotografía N° 4: Eliminación de malezas, piedras y nivelación.



Fotografía N° 5: Terreno limpio y nivelado.



b) Colocación del depósito de agua

Se hizo un hoyo de 1.40 m de profundidad en el suelo y se colocó un tanque de agua Rotoplas de 1100 litros, para el almacenamiento del agua y solución nutritiva, a una distancia de un metro de las mangas de polietileno.

Fotografía N° 6: Realización del hoyo para la colocación del tanque.



Fotografía N° 7: Colocación del depósito de agua.



c) Instalación del sistema de riego

Colocación de la válvula check de 1", seguida de la tubería de PVC de 1" conectada a la electrobomba de 0.5 HP, luego las cuatro tuberías de distribución de PVC de 1", seguidas por las tuberías de distribución de PVC ½", posteriormente conectadas a las tuberías de microirrigación de 20

mm, unidas a los microtubos y estacas de 3 mm por medio del gotero autocompensado de 2 LPH.

Fotografía N° 8: Válvula check y tuberías.



Fotografía N° 9: Instalación de la electrobomba.



Fotografía N° 10: Instalación de tuberías de distribución-microirriego.



Fotografía N° 11: Colocación de goteros, microtubos y estacas.



d) Instalación del sistema eléctrico

Los cables de electricidad se conectaron al interruptor de luz, contactor y temporizador, para el posterior funcionamiento del sistema.

Fotografía N° 12: Cableado eléctrico.



Fotografía N° 13: Unión del sistema.



e) Lavado de sustratos inorgánicos

Se realizaron tres lavados y aplicación de corrector de sales a la gravilla, arena y piedra pómez, para bajar la CE de los sustratos. El pH de los sustratos se redujo con ácido fosfórico y sulfúrico.

Fotografía N° 14: Lavado de la piedra pómez.



Fotografía N° 15: Lavado de la gravilla.



Fotografía N° 16: Lavado de la arena.



f) Prueba de presión de la manguera de riego

Se llevó a cabo con el manómetro de presión, las cuatro mangueras de riego presentaban una presión que oscilaba entre 22 y 25 PSI (15.47 y 17.58 mca respectivamente).

Fotografía N° 17: Medida de presión con manómetro.



g) Preparación de las mangas de polietileno

Se cortó el rollo de la manga cada 2 m, luego se procedió a realizar las perforaciones con ayuda de una plantilla, posteriormente el alambrado de la base para evitar pérdidas del sustrato.

Fotografía N° 18: Realización de las perforaciones en la manga.



h) Desinfección de la cascarilla de arroz y materiales inorgánicos

Fotografía N° 19: Desinfección con hipoclorito de sodio al 1 %.



i) Mezcla de los sustratos

Se combinó la cascarilla de arroz con piedra pómez, cascarilla de arroz con gravilla, y cascarilla de arroz con arena, en dos proporciones diferentes (80 % cascarilla/20 % inorgánico, y 60 % cascarilla/40 % inorgánico), teniendo en cuenta el pH ligeramente ácido y baja CE del sustrato.

Fotografía N° 20: Mezcla de los diferentes sustratos.



j) Llenado e instalación de las mangas

Se colocó el sustrato combinado previamente humedecido a las mangas de polietileno, dando golpes en la base para que se asiente el sustrato. Posteriormente se aseguró la manga a la estructura metálica por medio de los ojales, con alambre.

Fotografía N° 21: Sustrato húmedo llenándose a las mangas.



Fotografía N° 22: Alambrado de las mangas por medio de los ojales.



k) Colocación de la cubierta de plástico

Se hizo con el fin de evitar que la gota de lluvia caiga directamente sobre el cultivo y reducir la humedad relativa, prevención de ataque de babosas y enfermedades fungosas.

Fotografía N° 23: Cubierta de plástico a la altura del techo.



l) Colocación de ladrillo en la base

El ladrillo colocado en la base permitió el buen drenaje del agua, con el fin de mejorar la aireación de las plantas que se encontraban en la parte baja de la manga.

Fotografía N° 24: Ladrillo en la base para favorecer el drenaje del agua.



3.10.2. MANEJO HIDROPÓNICO DE LA FRESA

La instalación del cultivo se llevó a cabo el 1 de enero del 2017, la última cosecha en los tratamientos se hizo el 31 de julio del 2017, teniendo en cuenta el siguiente procedimiento:

a) Densidad de plantación (Manga)

Las plantas se distribuyeron en una manga de polietileno de 1.78 m. El distanciamiento entre filas: 16 cm; distanciamiento entre plantas: 23 cm; siendo el marco de plantación tres bolillo. Por cada manga se dispuso 28 plantas.

Fotografía N° 25: Marco de plantación tres bolillo.



b) Trasplante de fresa

Se preparó una solución con 10 litros de agua, 15 g de benomyl, 20 ml de clorpirifós y enraizante Root-Hor 20 ml. Luego se sumergió la raíz durante cinco minutos y se sacó al ambiente para que se airee durante cinco minutos, todo esto bajo sombra. Posteriormente se colocaron las plantas en las perforaciones de las mangas con una inclinación de 45 grados.

Fotografía N° 26: Tratamiento preventivo de las plantas.**Fotografía N° 27: Trasplante de las plantas en el sistema hidropónico.****c) Poda****• De las primeras flores y estolones:**

Se realizó la eliminación de las primeras flores (hasta los 60 días), evitando gastos de energía innecesarios en la planta, con el fin de promover el buen desarrollo foliar y radicular.

Se evitó la formación de estolones a lo largo de todo el ciclo del cultivo, ya que afecta a la producción de frutos, estos fueron removidos desde la corona de la planta.

Fotografía N° 28: Poda de flores.



Fotografía N° 29: Poda de estolones.



- **De hojas viejas y con deficiencia de nutrientes:**

Se eliminaron las hojas viejas y con síntomas de deficiencia de nutrientes, con el fin de promover el desarrollo de nuevas hojas, flores y frutos.

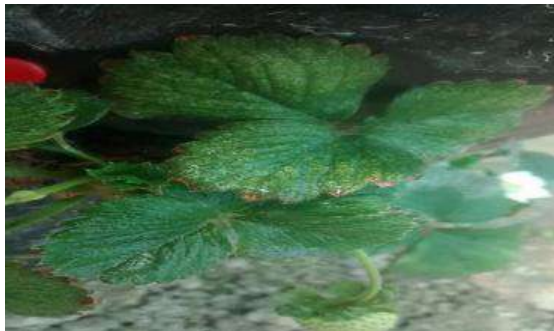
Fotografía N° 30: Hojas viejas y con deficiencia de nutrientes.



- **Fitosanitaria:**

Se eliminaron aquellas hojas que presentaban síntomas de ataque plagas, ya que síntomas de enfermedades no se presentaron. Poda de hojas atacadas por ácaros y babosas en estados avanzados.

**Fotografía N° 31: Poda de hojas con
síntomas de ataque de ácaros.**



**Fotografía N° 32: Poda de hojas con
síntomas de ataque de babosas.**



d) Control fitosanitario

• **Plagas y enfermedades:**

✓ **Enfermedades:**

Durante la ejecución del trabajo de investigación las plantas no presentaron síntomas de enfermedades, sin embargo, se aplicó de forma preventiva fungicidas químicos y biológicos, con un regulador de pH, siendo el valor de la solución “5”.

Químico: Se pulverizó el fungicida-bactericida sistémico Phyton (sulfato de cobre pentahidratado) 0.15 %, realizándose dos aplicaciones de forma preventiva, una aplicación en el mes de febrero y otra en el mes de marzo (época lluviosa).

Biológico: Se aplicó Biosar (biofungicida) 1.3 g/l, una vez por semana, desde el trasplante hasta la cosecha, excepto cuando se aplicaron los productos químicos.

**Fotografía N° 33: Aplicación de
Phyton.**



**Fotografía N° 34: Aplicación de
Biosar.**



✓ **Plagas:**

- **Arañita roja**

Fotografía N° 35: Ácaros en las hojas de fresa.



➤ **Control:**

Químico: se realizaron tres aplicaciones de Spider 1.8 EC (abamectina) de forma pulverizada, durante la primera y tercera semana de abril al 0.7 %.

Se aplicó jabón potásico al 1 % de forma pulverizada sobre el haz y envés de la hoja durante la etapa reproductiva y productiva.

Biológico: se aplicó Biocerámica (bioinsecticida-bioacaricida) 10 g/l. durante la etapa reproductiva y productiva.

EM-5 Microorganismos eficaces (biofungicida-bioacaricida) al 5 %, previamente activado. Se aplicó durante la etapa reproductiva y productiva.

Cultural: se regó una vez por semana la superficie del suelo, en la época seca.

▪ **Babosas y mosca del vinagre**

Fotografía N° 36: Ataque de babosas.



Fotografía N° 37: Mosca del vinagre.



➤ **Control:**

Etológico: se enterraron vasos de plástico al ras del suelo. Se llenó con cerveza el 80 % del vaso, actuó como un atrayente tanto para las babosas como para la mosca del vinagre.

Cultural: para el control de la mosca del vinagre, se eliminaron los sustratos fermentados de trabajos aledaños.

e) Nutrición de las plantas de fresa

Para 1000 litros de agua, durante la etapa vegetativa, y posteriormente durante la etapa de floración y fructificación se utilizó la siguiente cantidad de fertilizantes:

Cuadro N° 7: Etapa vegetativa (0-60 días).

Solución concentrada A (diluir en 5 litros)	Cantidad en g
Nitrato de potasio: 13.5 % N, 46 % K ₂ O	460
Fosfato monopotásico: 52 % P ₂ O ₅ , 34 % K ₂ O	180
Solución concentrada B (diluir en 2 litros)	Cantidad en g
Sulfato de potasio: 50 % K ₂ O, 18 % S	65
Sulfato de magnesio: 16 % MgO, 13 % S	470
Quelato de hierro: 6 % Fe	25
Sulfato de manganeso: 25 % Mn	4.5
Ácido bórico: 18 % B	5
Sulfato de zinc: 23 % Zn	1
Sulfato de cobre: 25 % Cu	0.7
Molibdato de amonio: 54 % Mo	0.2
Solución concentrada C (diluir en 5 litros)	Cantidad en g
Nitrato de calcio: 15.5 % N, 26 % CaO	760

Cuadro N° 8: Etapa de floración y fructificación (61-212 días).

Solución concentrada A (diluir en 5 litros)	Cantidad en g
Nitrato de potasio: 13.5 % N, 46 % K ₂ O	350
Fosfato monopotásico: 52 % P ₂ O ₅ , 34 % K ₂ O	200
Solución concentrada B (diluir en 2 litros)	Cantidad en g
Sulfato de potasio: 50 % K ₂ O, 18 % S	260
Sulfato de magnesio: 16 % MgO, 13 % S	520
Quelato de hierro: 6 % Fe	30
Sulfato de manganeso: 25 % Mn	5
Ácido bórico: 18 % B	5.5
Sulfato de zinc: 23 % Zn	0.9
Sulfato de cobre: 25 % Cu	0.6
Molibdato de amonio: 54 % Mo	0.15
Solución concentrada C (diluir en 5 litros)	Cantidad en g
Nitrato de calcio: 15.5 % N, 26 % CaO	800

f) Fertirriego

El fertirriego para todos los tratamientos se realizó diariamente, de manera frecuente y ligera de acuerdo a sus necesidades (incluyendo la etapa del cultivo), por medio de los goteros autocompensados Click Tif de 2 LPH, conectados a los microtubos y estacas. Para evitar daños por sales se realizaron los respectivos lavados de sales de los diferentes tratamientos, una vez por semana con agua potable con una CE de 0.26 dS/m. El pH de la solución nutritiva se redujo con ácido fosfórico, a un pH 5.8. La CE de la solución nutritiva estuvo en un promedio de 1.50 dS/m.

Fotografía N° 38: Muestra de solución nutritiva, medición pH y CE.



Fotografía N° 39: Lavado de sales.



g) Aplicaciones foliares

Aplicaciones foliares de enraizante Root-Hor al 0.13 % y fertilización foliar con Vigorfol: (floración) 16-45-18 (N-P-K) y micronutrientes.

3.10.3. DEFICIENCIA DE NUTRIENTES

La deficiencia de nutrientes se pudo apreciar generalmente en aquellos tratamientos de baja capacidad de retención de agua.

Fotografía N° 40: Nitrógeno.



Fotografía N° 41: Fósforo.



Fotografía N° 42: Potasio.



Fotografía N° 43: Calcio.



Fotografía N° 44: Magnesio.



3.10.4. DESARROLLO DEL CULTIVO (212 días)

Fotografía N° 45: Trasplante.



Fotografía N° 46: 20 ddt.



Fotografía N° 47: 35 ddt.



Fotografía N° 48: 50 ddt.



Fotografía N° 49: 65 ddt.



Fotografía N° 50: 80 ddt.



Fotografía N° 51: 110 ddt.



Fotografía N° 52: 170 ddt.



**Fotografía N° 53: Frutos listos para
cosechar.**



**Fotografía N° 54: Frutos cosechados
en estado 6.**



3.11. EVALUACIONES REALIZADAS

3.11.1. PRENDIMIENTO (%) Y CRECIMIENTO VEGETATIVO:

a) Porcentaje de prendimiento de plantas (%)

Se realizaron dos evaluaciones del porcentaje de plantas prendidas para los diferentes tratamientos a los 15 y 30 ddt. Para este parámetro se tomó en cuenta la muestra de 13 plantas al azar por cada unidad experimental.

Fotografía N° 55: Prendimiento de plantas.



b) Peso fresco de hojas (g)

Para hallar el peso fresco se tomaron las hojas de la muestra de 13 plantas por cada unidad experimental al azar luego de la última cosecha. Las hojas se picaron y colocaron en una balanza electrónica inmediatamente después de haber sido extraídas de la planta para evitar la deshidratación de las mismas. Posteriormente se pusieron en bolsas de papel kraft.

Fotografía N° 56: Extracción de plantas evaluadas.



Fotografía N° 57: Determinación del peso fresco.



c) Peso seco de hojas (g)

Todas las hojas picadas que se colocaron en las bolsas de papel kraft, se metieron a una estufa a 70 °C por 72 horas, verificando que hasta las más grandes pierdan todo el agua. Después de eso, se midió el peso seco de las hojas en una balanza electrónica. Para determinar este parámetro se tomó la muestra de 13 plantas al azar por cada unidad experimental después de la última cosecha.

Fotografía N° 58: Estufa y bolsas de papel kraft con hojas.



Fotografía N° 59: Peso seco de las muestras de hojas.



d) Peso fresco de raíz (g)

Para este parámetro se utilizó una muestra de 13 plantas al azar por cada unidad experimental después de la última cosecha, de las cuales se extrajeron sus raíces y fueron colocadas en una balanza electrónica para obtener el peso fresco de la raíz, y se pusieron en bolsas de papel kraft.

Fotografía N° 60: Peso fresco de raíz.



e) Peso seco de raíz (g)

Las raíces que se colocaron en bolsas de papel kraft, posteriormente fueron llevadas a la estufa por un periodo de 72 horas a 70 °C, verificando que todas las raíces pierdan todo el agua, después de realizarse este procedimiento, se obtuvo el peso seco con la balanza electrónica de precisión. Se tomaron las raíces de la muestra de 13 plantas al azar por cada unidad experimental después de la última cosecha.

Fotografía N° 61: Peso seco de raíz.



f) Longitud de raíz (cm)

Se determinó este parámetro en los diferentes tratamientos, después de realizar la última cosecha. Se utilizaron las raíces de la muestra de 13 plantas al azar por cada unidad experimental. Se procedió a la extracción de las plantas de las mangas para la medición de raíces con una wincha.

Fotografía N° 62: Extracción de muestras.



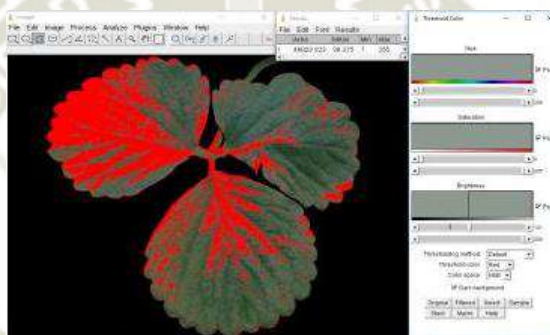
Fotografía N° 63: Medición de longitud de raíces.



g) Área foliar (cm²)

Este parámetro se realizó a los 212 ddt, justo antes de sacar las plantas que fueron analizadas en laboratorio, usando como referencia una regla de 30 cm colocada al lado de las hojas, luego se procedió a realizar la captura de imágenes con una cámara fotográfica, considerando 5 plantas al azar como muestra por cada unidad experimental. El procesamiento y análisis de imágenes se realizaron con el programa ImageJ.

Fotografía N° 64: Hoja analizada con el programa ImageJ.

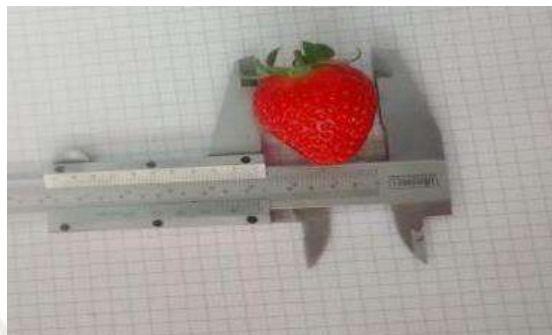


3.11.2. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO:

a) Diámetro ecuatorial del fruto (cm)

Se cosecharon todos los frutos en estado 6, de la muestra de 13 plantas al azar por cada unidad experimental, desde los 90 días hasta los 212 días ddt, luego se procedió a medir la longitud ecuatorial del fruto con ayuda de un vernier. Este parámetro se determinó para las diferentes categorías de calidad.

Fotografía N° 65: Medición del diámetro ecuatorial.



b) Diámetro polar del fruto (cm)

Se determinó en los diferentes tratamientos después de realizar la cosecha. Se consideraron para este parámetro todos los frutos completamente maduros de las diferentes categorías de calidad para la muestra de 13 plantas al azar por cada unidad experimental, desde los 90 días hasta los 212 días. Se procedió a la medición del diámetro polar de los frutos con ayuda de un vernier, desde el ápice del fruto hasta el punto de intersección del cáliz con el receptáculo hipertrofiado.

Fotografía N° 66: Medición del diámetro polar.



c) Peso promedio del fruto (g)

Considerando que los frutos fueron cosechados de la planta en estado 6, durante 17 semanas, teniendo en cuenta el pesaje de todos los frutos de la muestra de 13 plantas al azar por cada unidad experimental, para las diferentes categorías de calidad, en la balanza de precisión.

Fotografía N° 67: Peso del fruto.



d) Número de frutos por planta

La cosecha de los frutos se realizó desde los 90 días hasta los 212 días, se tuvo en cuenta todos los frutos de la muestra de 13 plantas al azar por cada unidad experimental. Al contabilizar se consideró el estado 6 del fruto, para las diferentes categorías de calidad.

Fotografía N° 68: Fruto (estado 6).



Fotografía N° 69: Cosecha de frutos.



e) Firmeza del fruto (kgf)

La determinación de este parámetro coincidió con las evaluaciones realizadas para SST y AT. Se llevó a cabo con un penetrómetro digital PCE-FM 200, para una muestra de 200 g. Cada muestra al azar se recolectó en dos momentos del experimento (mayo y julio), en estado 6, para cada unidad experimental. Se aplicó el peso del penetrómetro en la zona ecuatorial media de los frutos, ya que este instrumento contenía en la punta una estructura metálica de forma cilíndrica de 5 mm de diámetro.

Fotografía N° 70: Determinación de la firmeza del fruto.



f) Sólidos solubles totales (° brix)

La concentración de sólidos solubles totales expresada en ° brix, se determinó con ayuda de un refractómetro manual Atago N-1a, sobre una muestra de 200 g (frutos completamente maduros) previamente molida en un mortero y filtrada. Cada muestra de frutos fue extraída en dos momentos del experimento (mayo y julio) al azar en cada unidad experimental, para ello se consideró el siguiente procedimiento:

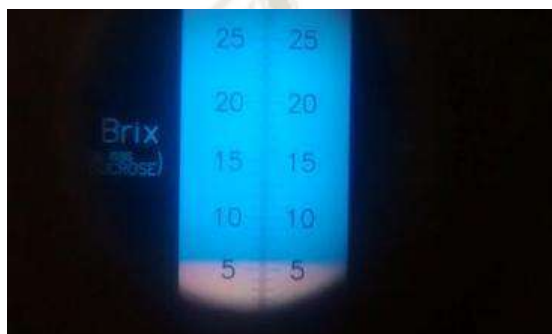
Se colocaron 2 gotas de la muestra (jugo de fresa filtrado) en el prisma, repartidas de forma homogénea, luego se cerró la tapa del instrumento (se debe evitar la formación de burbujas de aire, ya que podrían alterar los resultados de la medición). Luego se sostuvo el refractómetro bajo la luz

solar en la dirección adecuada y se pudo ver la escala a través del ocular. El valor se pudo apreciar al leer entre el límite blanco/celeste. Posteriormente se procedió a retirar las gotas del prisma y se secó con cuidado, con el fin de no afectar futuras mediciones (Domene Ruiz y Segura Rodríguez 2014).

Fotografía N° 71: Refractómetro.



Fotografía N° 72: Medición de ° brix.



g) Acidez titulable (%)

Para este parámetro se tomaron dos muestras al azar, cada muestra consistía en 200 g de fruto completamente maduro, la primera durante el mes de mayo y la segunda durante el mes de julio, por cada unidad experimental, utilizando el método de AOAC (1990):

Se tomó una submuestra de 10 g del jugo de la fresa previamente filtrada, posteriormente se diluyó la muestra en 50 ml de agua destilada en un vaso de precipitado. Para la titulación se llenó una bureta con una solución de hidróxido de sodio 0.1 N, se tomó la lectura de la cantidad de solución de hidróxido de sodio 0.1 N en la bureta. La muestra se introdujo en un matraz Erlenmeyer, adicionándole 4 gotas del indicador (fenolftaleína al 1%), posteriormente se añadió gota por gota la solución de hidróxido de sodio 0.1 N, todo esto se hizo sobre un agitador magnético para favorecer la mezcla de forma automatizada, hasta que se obtuvo un pH de 8.1 o hasta

que el color rosa haya permanecido en la muestra, indicando que se dio por terminada la titulación.

Principal ácido presente en la fresa: ácido cítrico en mEq =0.064

% de acidez= ((A x B x C) / D) x 100

A = Cantidad en ml de hidróxido de sodio utilizado.

B = Normalidad del hidróxido de sodio: 0.1.

C = Peso en miliequivalente del ácido cítrico: 0.064.

D = Peso de la muestra en gramos: 10.

Fotografía N° 73: Determinación de acidez titulable.



h) Relación SST/AT

Este parámetro se determinó mediante el cociente entre SST y AT.

i) Color externo del fruto (Cie-L*a*b* C* y H)

Este parámetro se determinó con un colorímetro RGB-1002. Para ello se utilizaron dos muestras, la primera para el mes de mayo y la segunda para el mes de julio. Cada muestra al azar consistía de cinco frutos completamente maduros por cada unidad experimental. La medida se llevó

a cabo en dos puntos opuestos del diámetro ecuatorial del fruto. Para convertir los datos RGB a Cie-L*a*b*, se utilizó el programa Easy RGB.

L*: luminosidad **a***: nivel de rojo **b***: nivel de amarillo

C*: cromaticidad **H**: tonalidad

Para determinar la cromaticidad y la tonalidad se utilizaron las siguientes fórmulas: $C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$ $H = \tan^{-1}(b/a)$

Fotografía N° 74: Determinación del color externo del fruto.



3.11.3. RENDIMIENTO Y PORCENTAJE DE CATEGORÍA DE CALIDAD

a) Rendimiento por planta (g)

Se determinó mediante la recolección de datos del peso de los frutos luego de cada cosecha, de la muestra de 13 plantas al azar en cada unidad experimental. Datos que se fueron acumulando a lo largo de todo el experimento. Se dividió el peso total de los frutos de la muestra entre el número de plantas de dicha muestra.

b) Rendimiento por manga (kg)

Se consideró el rendimiento obtenido de la muestra de 13 plantas al azar por cada unidad experimental equivalente al 46.43%, para determinar el 100 % (manga entera), se aplicó la regla de tres simple directa.

c) Rendimiento por hectárea (kg)

Se determinó el espacio que ocupa cada manga y el distanciamiento entre filas y mangas, para poder calcular el número de mangas posibles que pudieran entrar en 10000 m²; luego se multiplicó el número de mangas por el rendimiento por manga, así se pudo obtener el rendimiento de cada tratamiento estudiado en esa determinada área.

d) Porcentaje de rendimiento de categoría de calidad y frutos deformes (%)

La clasificación del tamaño del fruto de la muestra de 13 plantas al azar por cada unidad experimental, recolectados en estado 6 durante la etapa productiva, se determinó con ayuda de un vernier, considerando la norma técnica peruana para fresa “NTP 011.011:1975 (revisada el 2014)”:

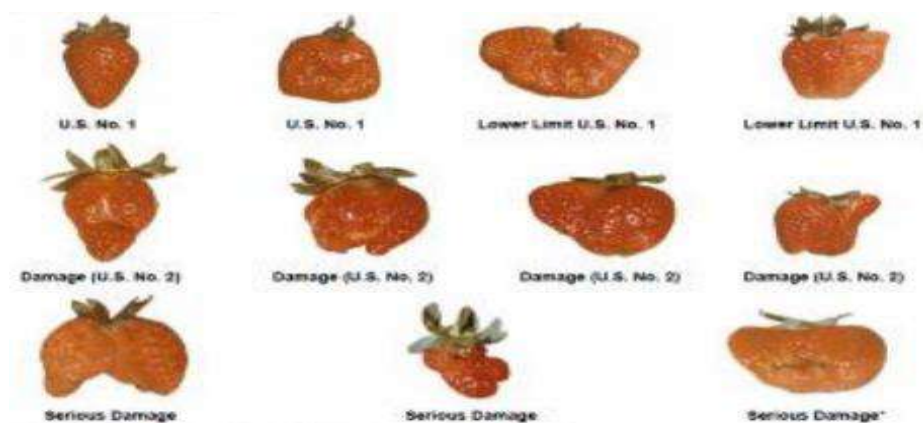
Cuadro N° 9: Porcentaje de rendimiento de categoría de calidad.

Factores de calidad	Calidad extra	Calidad primera	Calidad segunda
Tamaño mínimo	3.8 cm	2.6 cm	2 cm
Tolerancia de tamaño	Se permite 10 % de frutas de rango inmediato superior e inferior al indicado.	Se permite 10 % de frutas de rango inmediato superior e inferior al indicado.	Se permite 10 % de frutas de rango inmediato superior e inferior al indicado.
Sanidad: Daños serios: 1) Indicios de pudrición	No se tolera frutas con indicios de pudrición.	Se tolera 1 % de frutas con indicios de pudrición.	Se tolera 2 % de frutas con indicios de pudrición.
Daños leves: 1) Heridas cicatrizadas	Se tolera hasta 3 % en peso o número de frutos con magulladuras ligeras.	Se tolera hasta 5 % en peso o número de frutos con magulladuras ligeras.	Se tolera hasta 10 % en peso o número de frutos con magulladuras ligeras.
Tolerancia acumulativa	10 %	15 %	20 %

Fuente: Tomado de INDECOPI 2014:8.

Para la determinación del porcentaje de rendimiento de frutos deformes, se consideró la siguiente figura:

Figura N° 9: Determinación de frutos deformes.



Fuente: Tomado de USDA 2017:56.

3.11.4. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUSTRATOS

Para determinarlas se empleó una muestra de sustrato de 1 kg tomada al azar por cada unidad experimental, para ello se tomaron submuestras de la zona alta, media y baja del contenedor, con ayuda del sacabocado, y que luego fueron combinadas. Tanto al inicio como al final del experimento.

a) Determinación de las propiedades físicas de los sustratos

La muestra de sustrato se secó a temperatura ambiente, extendiéndola sobre una superficie limpia, protegiéndola de la radiación solar directa.

Para la evaluación de las propiedades físicas de los sustratos se utilizó el “Método de los porómetros” (Dilger 1998). Para ello se consideró el siguiente procedimiento:

Se elaboraron 12 porómetros, cortándose secciones de tubo de PVC de 3” de diámetro (7.62 cm) y una altura de 15 cm.

En uno de los extremos del cilindro, se colocó un tapón de PVC de 3” fijado con pegamento de PVC, para evitar pérdidas de agua, luego se realizaron cuatro perforaciones en la base del tapón de forma equidistante entre sí, de 0.6 cm de diámetro.

Se midió el volumen de cada porómetro utilizando agua, lo cual se denominó “Volumen del contenedor”, también se pesaron los porómetros vacíos para facilitar la obtención de datos. Posteriormente, se fijaron anillos a los porómetros con cinta adhesiva, de tal forma que la altura total de los porómetros alcanzaba 18 cm.

Las muestras de los sustratos se colocaron dentro de los porómetros, a la altura del anillo adicional, y se dejaron caer en dos oportunidades desde una altura de 7.5 cm para homogenizar el llenado. Se procedió a colocar los porómetros llenos en una cubeta de vidrio de 45 cm de largo, 25 cm de ancho y 30 cm de alto, previamente llenada con agua, el nivel del agua alcanzó justo el nivel debajo del borde superior de los porómetros, de tal manera se forzó el humedecimiento por capilaridad a través de las perforaciones de la base, dependiendo del tipo de muestra para uniformizar el proceso, se dejaron las diferentes muestras en la cubeta durante 24 horas.

Se extrajeron los porómetros de la cubeta, tapando las perforaciones de la base para evitar pérdida de agua, luego se colocó una tela delgada que permitía el paso del agua al interior del cilindro sujeta con una liga en la parte superior, se volvieron a colocar los porómetros en la cubeta con agua durante 30 minutos. Pasado ese tiempo, se extrajeron los porómetros y se dejaron escurrir durante 30 minutos sobre una bandeja, a este se le denominó “Volumen drenado”, una vez que ha escurrido el agua durante ese tiempo, se pesó la muestra húmeda, denominado “Peso húmedo de la muestra”, luego se colocaron las muestras húmedas en bandejas, y

posteriormente fueron metidas a la estufa a 105 °C durante 24 horas, obteniéndose así el “Peso seco de la muestra”.

Fotografía N° 75: Colocación de los porómetros en la cubeta.



Fotografía N° 76: Drenaje de las muestras.



Fotografía N° 77: Peso seco de la muestra.



Fotografía N° 78: Tratamientos 1 y 2.



Fotografía N° 79: Tratamientos 3 y 4.



Fotografía N° 80: Tratamientos 5 y 6.



Cuadro N° 10: Fórmulas para determinar las propiedades físicas de los sustratos.

Propiedad física	Fórmula
Porosidad total (%)	$Va + \frac{PH - PS}{Pa} * 100$
Porosidad de aireación (%)	$\frac{Va}{Vc} * 100$
Capacidad de retención de agua (%)	$\frac{PH - PS}{Vc} * 100$
Densidad aparente (g/cm ³)	$\frac{PS}{Vc}$
Densidad real o de partículas (g/cm ³)	$\frac{Da}{1 - \frac{PT}{100}}$

Fuente: Tomado de Pire y Pereira 2003:57.

Dónde:

Va = Volumen de agua drenado (cm³)

PH = Peso húmedo de la muestra (g)

PS = Peso seco de la muestra (g)

Pa = Peso específico del agua (1 g/ cm³)

Vc = Volumen del cilindro (cm³)

PT= Porosidad total (%)

Da= Densidad aparente (g/cm³)

b) Determinación de las propiedades químicas de los sustratos

El potencial de hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (CE) se llevaron a cabo en el laboratorio del fundo la Banda Huasacache UCSM, para ello se tomaron muestras de los diferentes tratamientos, tanto al inicio como al final del experimento. Para ambos parámetros se utilizaron sus respectivos equipos (pHímetro y conductímetro) previamente calibrados. Se utilizó el método de “Extracción 1:6 en volumen” (Ansorena Miner 1994). Para ello se consideró el siguiente procedimiento:

Se determinó el peso de un vaso de precipitado de 1 litro, completamente vacío. Posteriormente se extrajo un determinado volumen del sustrato combinado, y se colocó esta muestra en el vaso de precipitado de 1 litro, por medio de un embudo de vástago corto y de diámetro considerable, sin compactar la muestra, se retiró el embudo luego de que el sustrato se encontraba al ras del vaso. Se determinó el peso de la muestra que se encontraba en el vaso, mediante la diferencia de peso del vaso lleno y vacío. Luego se calculó el peso de la muestra para 1/15 de litro, y se colocó esta cantidad en un vaso de precipitado de 500 ml, junto a 400 ml de agua destilada, finalmente se puso esta muestra en un agitador eléctrico durante una hora. Se midió el pH de una porción de esta última muestra sin filtrar, la otra porción se filtró para poder medir la CE.

Fotografía N° 81: Muestra en el agitador. Fotografía N° 82: Medición pH y CE.



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. OBJETIVO 1:

Evaluar el porcentaje de prendimiento de plantas y crecimiento vegetativo en el cultivo de fresa con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

4.1.1. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE PLANTAS A LOS 15 DÍAS Y 30 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

a) Porcentaje de prendimiento de plantas a los 15 DDT

En el anexo N° 1 se observan los promedios del porcentaje de prendimiento de plantas a los 15 DDT de los tratamientos.

En el cuadro N° 11 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 15 DDT en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 11: Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 15 días después del trasplante en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	226.82	45.36	0.79	0.5713	N. S.
Error	18	1035.27	57.51			
Total	23	1262.09				

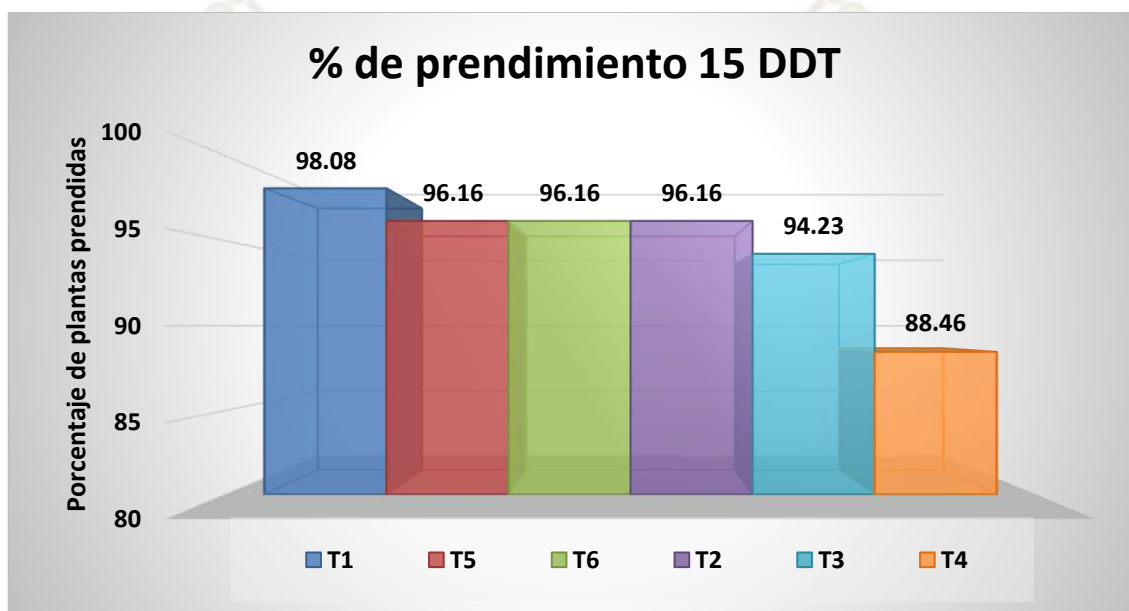
N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 7.99 %

El gráfico N° 3 muestra que en el porcentaje de prendimiento de plantas a los 15 DDT no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos.

Gráfico N° 3: Se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 15 días después del trasplante en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



b) Porcentaje de prendimiento de plantas a los 30 DDT

En el anexo N° 2 se observan los promedios del porcentaje de prendimiento de plantas a los 30 DDT de los tratamientos.

En el cuadro N° 12 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 30 DDT en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 12: Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 30 días después del trasplante en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	1291.88	258.38	3.27	0.0282	*
Error	18	1420.11	78.90			
Total	23	2711.99				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

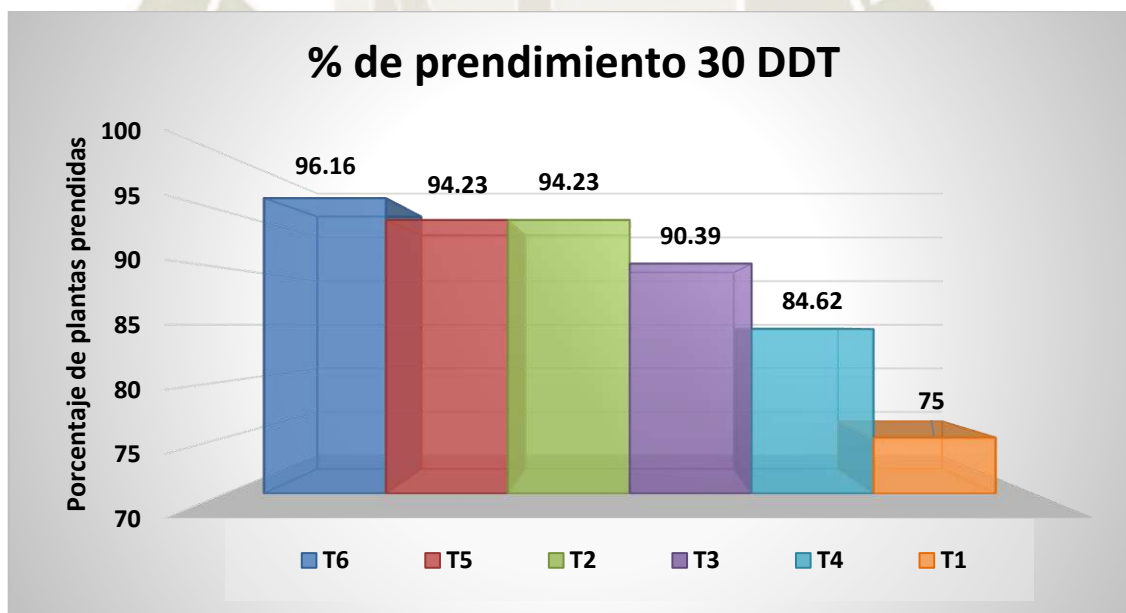
C. V. = 9.97 %

En el cuadro N° 13 y gráfico N° 4 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 30 DDT en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) no existe diferencia significativa estadística. A su vez, tampoco existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez). Sin embargo, los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) presentan una diferencia estadística significativa entre sí.

Cuadro N° 13: Comparación de medias Tukey para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 30 días después del trasplante en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Prendimiento 30 DDT (%)	Significancia
1	T6	96.16	a
2	T5	94.23	a b
3	T2	94.23	a b
4	T3	90.39	a b
5	T4	84.62	a b
6	T1	75	b

Gráfico N° 4: Se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 30 días después del trasplante en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.1.2. PESO FRESCO DE HOJAS

En el anexo N° 3 se observan los promedios del peso fresco de hojas de los tratamientos.

En el cuadro N° 14 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el peso fresco de hojas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 14: Análisis de varianza (ANVA) para el peso fresco de hojas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	598.54	119.71	33.34	0.0001	*
Error	18	64.64	3.59			
Total	23	663.18				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 12.65 %

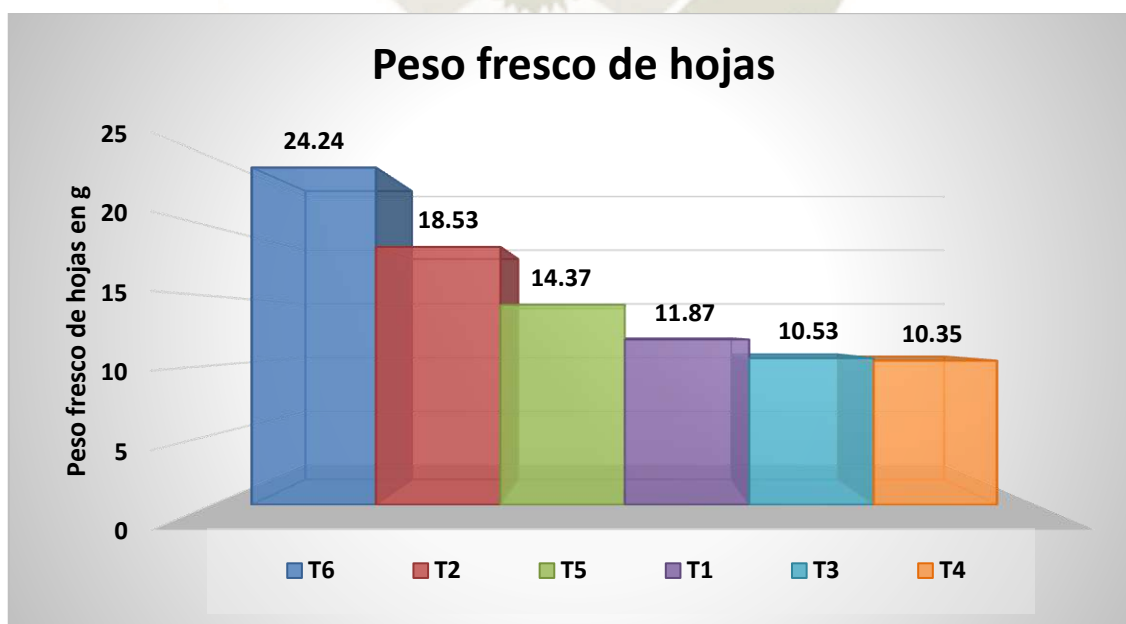
En el cuadro N° 15 y gráfico N° 5 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el peso fresco de hojas expresado en gramos en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) muestra una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos. Los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no presentan una diferencia significativa estadística entre sí. Asimismo, tampoco existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla). Sin embargo, los

tratamientos T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) presentan una diferencia estadísticamente significativa respecto a los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez).

Cuadro N° 15: Comparación de medias Tukey para el peso fresco de hojas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Peso fresco de hojas (g)	Significancia
1	T6	24.24	a
2	T2	18.53	b
3	T5	14.37	b c
4	T1	11.87	c
5	T3	10.53	c
6	T4	10.35	c

Gráfico N° 5: Se muestran los resultados obtenidos para el peso fresco de hojas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.1.3. PESO SECO DE HOJAS

En el anexo N° 4 se observan los promedios del peso seco de hojas de los tratamientos.

En el cuadro N° 16 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el peso seco de hojas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 16: Análisis de varianza (ANVA) para el peso seco de hojas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	48.85	9.77	22.02	0.0001	*
Error	18	7.99	0.44			
Total	23	56.84				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 15.84 %

En el cuadro N° 17 y gráfico N° 6 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el peso seco de hojas expresado en gramos en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) no existe diferencia estadística significativa, a la vez estos dos tratamientos son significativamente diferentes respecto a los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla). Asimismo, estos últimos

cuatro tratamientos no muestran una diferencia estadística significativa entre sí.

Cuadro N° 17: Comparación de medias Tukey para el peso seco de hojas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Peso seco de hojas (g)	Significancia
1	T6	6.69	a
2	T2	5.53	a
3	T5	3.92	b
4	T1	3.19	b
5	T4	3	b
6	T3	2.91	b

Gráfico N° 6: Se muestran los resultados obtenidos para el peso seco de hojas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.1.4. PESO FRESCO DE RAÍZ

En el anexo N° 5 se observan los promedios del peso fresco de raíz de los tratamientos.

En el cuadro N° 18 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el peso fresco de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 18: Análisis de varianza (ANVA) para el peso fresco de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	506.19	101.24	48.55	0.0001	*
Error	18	37.54	2.09			
Total	23	543.73				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 13.38 %

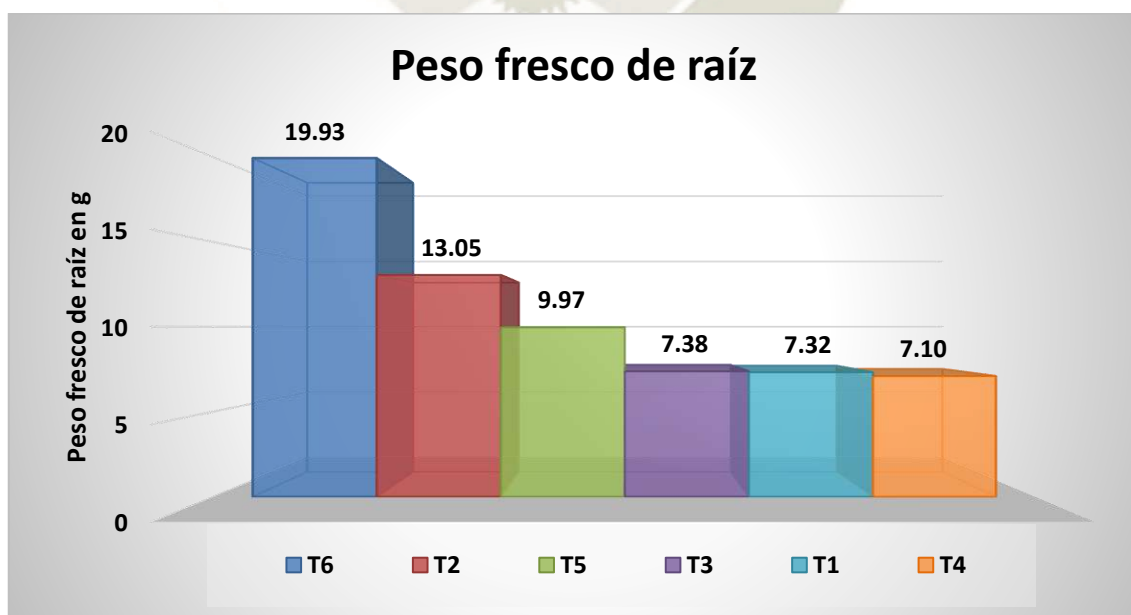
En el cuadro N° 19 y gráfico N° 7 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el peso fresco de raíz expresado en gramos en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) muestra una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos. Simultáneamente, los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no presentan una diferencia significativa estadística entre sí. Asimismo, tampoco existe una diferencia significativa estadística entre los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla).

Sin embargo, los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) muestran una diferencia significativa respecto a los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez).

Cuadro N° 19: Comparación de medias Tukey para el peso fresco de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Peso fresco de raíz (g)	Significancia
1	T6	19.93	a
2	T2	13.05	b
3	T5	9.97	b c
4	T3	7.38	c
5	T1	7.32	c
6	T4	7.10	c

Gráfico N° 7: Se muestran los resultados obtenidos para el peso fresco de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.1.5. PESO SECO DE RAÍZ

En el anexo N° 6 se observan los promedios del peso seco de raíz de los tratamientos.

En el cuadro N° 20 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el peso seco de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 20: Análisis de varianza (ANVA) para el peso seco de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	114.96	22.99	146.82	0.0001	*
Error	18	2.82	0.16			
Total	23	117.78				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 9.77 %

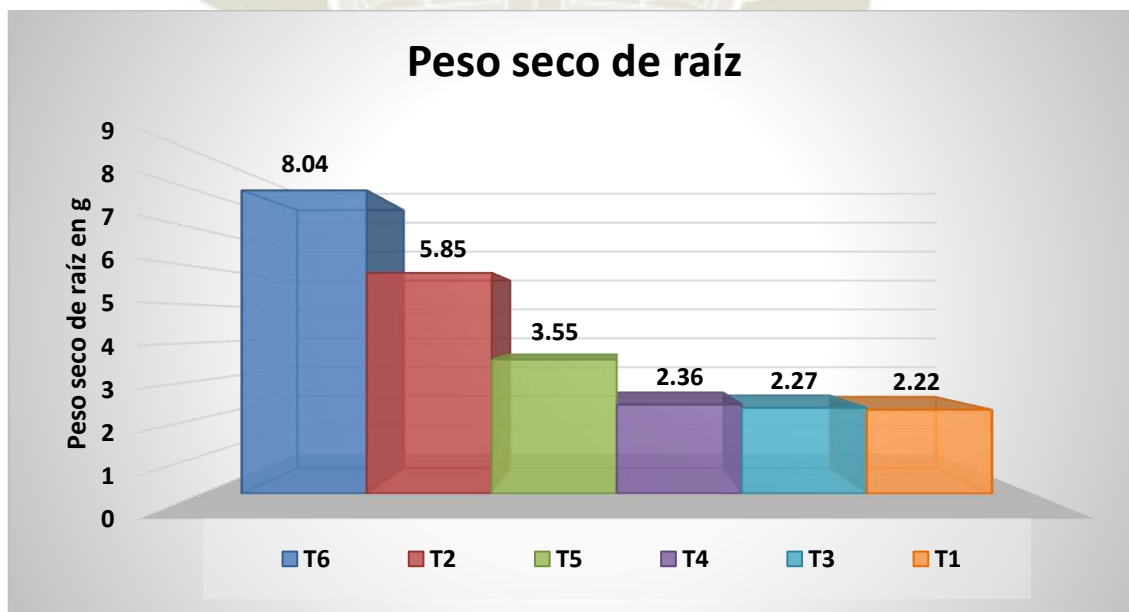
En el cuadro N° 21 y gráfico N° 8 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el peso seco de raíz expresado en gramos en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) muestran una diferencia significativa estadística entre sí, simultáneamente, estos tratamientos presentan también una diferencia estadísticamente significativa respecto a los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez).

Asimismo, entre estos tres últimos tratamientos no existe una diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro N° 21: Comparación de medias Tukey para el peso seco de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Peso seco de raíz (g)	Significancia
1	T6	8.04	a
2	T2	5.85	b
3	T5	3.55	c
4	T4	2.36	d
5	T3	2.27	d
6	T1	2.22	d

Gráfico N° 8: Se muestran los resultados obtenidos para el peso seco de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.1.6. LONGITUD DE RAÍZ

En el anexo N° 7 se observan los promedios de la longitud de raíz de los tratamientos.

En el cuadro N° 22 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la longitud de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 22: Análisis de varianza (ANVA) para la longitud de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	741.62	148.32	35.74	0.0001	*
Error	18	74.69	4.15			
Total	23	816.31				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 10.17 %

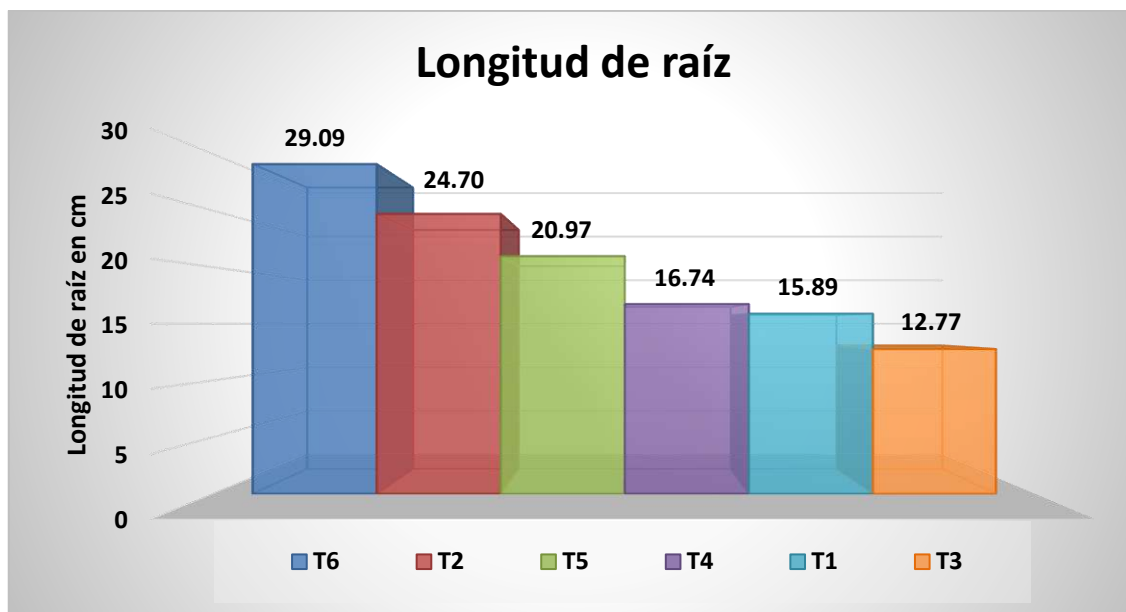
En el cuadro N° 23 y gráfico N° 9 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la longitud de raíz expresada en centímetros en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) no existe diferencia significativa estadística. A su vez, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) presenta una diferencia estadísticamente significativa respecto a los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla). Asimismo, los tratamientos

T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no muestran una diferencia estadísticamente significativa entre sí. Los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) tampoco muestran una diferencia significativa entre sí. Simultáneamente, los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) no presentan diferencia estadística significativa entre sí, pero estos dos últimos tratamientos muestran una diferencia estadísticamente significativa en comparación con los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina).

Cuadro N° 23: Comparación de medias Tukey para la longitud de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Longitud de raíz (cm)	Significancia
1	T6	29.09	a
2	T2	24.70	a b
3	T5	20.97	b c
4	T4	16.74	c d
5	T1	15.89	d
6	T3	12.77	d

Gráfico N° 9: Se muestran los resultados obtenidos para la longitud de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.1.7. ÁREA FOLIAR

En el anexo N° 8 se observan los promedios del área foliar de los tratamientos.

En el cuadro N° 24 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el área foliar en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 24: Análisis de varianza (ANVA) para el área foliar en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	754013.49	150802.70	25.66	0.0001	*
Error	18	105799.58	5877.75			
Total	23	859813.07				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 21.08 %

En el cuadro N° 25 y gráfico N° 10 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el área foliar expresado en cm² en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) no existe diferencia estadística significativa, asimismo estos dos tratamientos muestran una diferencia estadísticamente significativa respecto a los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla). Sin embargo, estos cuatro últimos no presentan una diferencia estadísticamente significativa entre sí.

Cuadro N° 25: Comparación de medias Tukey para el área foliar en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Área foliar (cm ²)	Significancia
1	T6	649.50	a
2	T2	561	a
3	T5	323.35	b
4	T1	238.30	b
5	T3	217.77	b
6	T4	192.68	b

Gráfico N° 10: Se muestran los resultados obtenidos para el área foliar en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

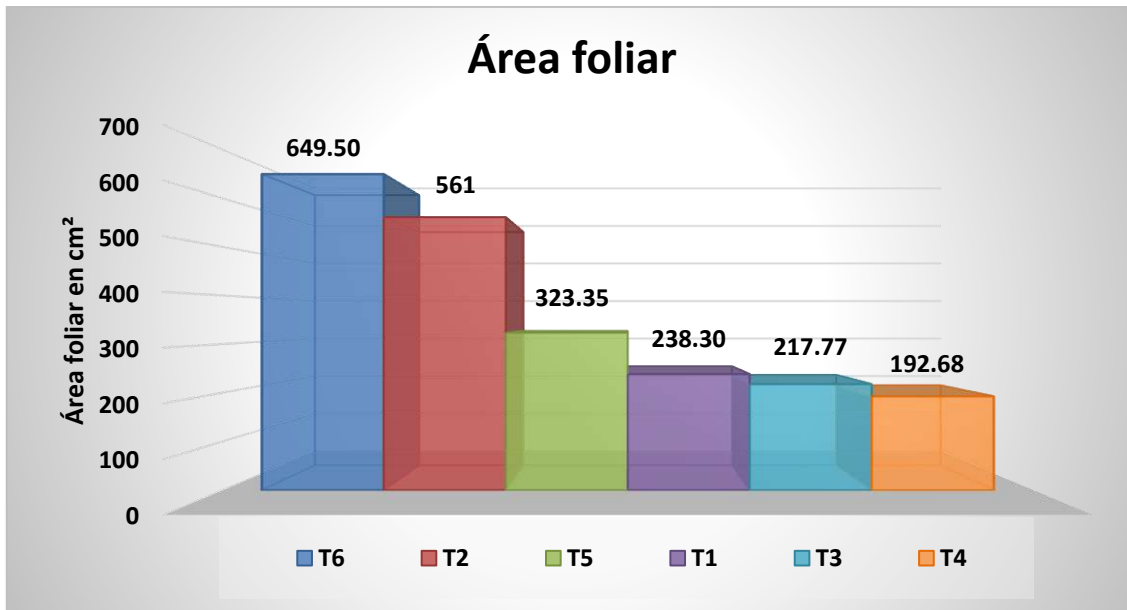
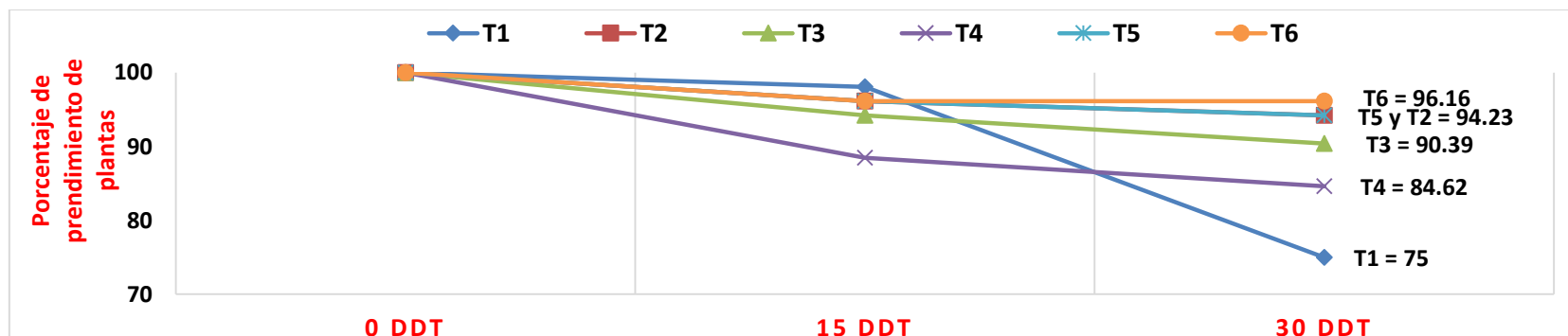


Gráfico N° 11: Resumen de los resultados obtenidos para el porcentaje de prendimiento de plantas a los 15 y 30 DDT en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



Cuadro N° 26: Resumen de las evaluaciones realizadas en el porcentaje de prendimiento y crecimiento vegetativo en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Tratamientos	Prendimiento de plantas (%)		Peso fresco de hojas (g)	Peso seco de hojas (g)	Peso fresco de raíz (g)	Peso seco de raíz (g)	Longitud de raíz (cm)	Área foliar (cm ²)
	15 DDT	30 DDT						
T1	98.08 n. s.	75 b	11.87 c	3.19 b	7.32 c	2.22 d	15.89 d	238.30 b
T2	96.16 n. s.	94.23 ab	18.53 b	5.53 a	13.05 b	5.85 b	24.70 ab	561 a
T3	94.23 n. s.	90.39 ab	10.53 c	2.91 b	7.38 c	2.27 d	12.77 d	217.77 b
T4	88.46 n. s.	84.62 ab	10.35 c	3 b	7.10 c	2.36 d	16.74 cd	192.68 b
T5	96.16 n. s.	94.23 ab	14.37 bc	3.92 b	9.97 bc	3.55 c	20.97 bc	323.35 b
T6	96.16 n. s.	96.16 a	24.24 a	6.69 a	19.93 a	8.04 a	29.09 a	649.50 a

4.2. OBJETIVO 2:

Determinar el efecto de diferentes combinaciones de sustratos en los componentes del rendimiento y características del fruto en el cultivo de fresa en mangas verticales hidropónicas.

4.2.1. DIÁMETRO ECUATORIAL DEL FRUTO

En el anexo N° 9 se observan los promedios del diámetro ecuatorial del fruto de los tratamientos.

En el cuadro N° 27 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el diámetro ecuatorial del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 27: Análisis de varianza (ANVA) para el diámetro ecuatorial del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	0.91	0.18	7.45	0.0006	*
Error	18	0.44	0.02			
Total	23	1.35				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 5.33 %

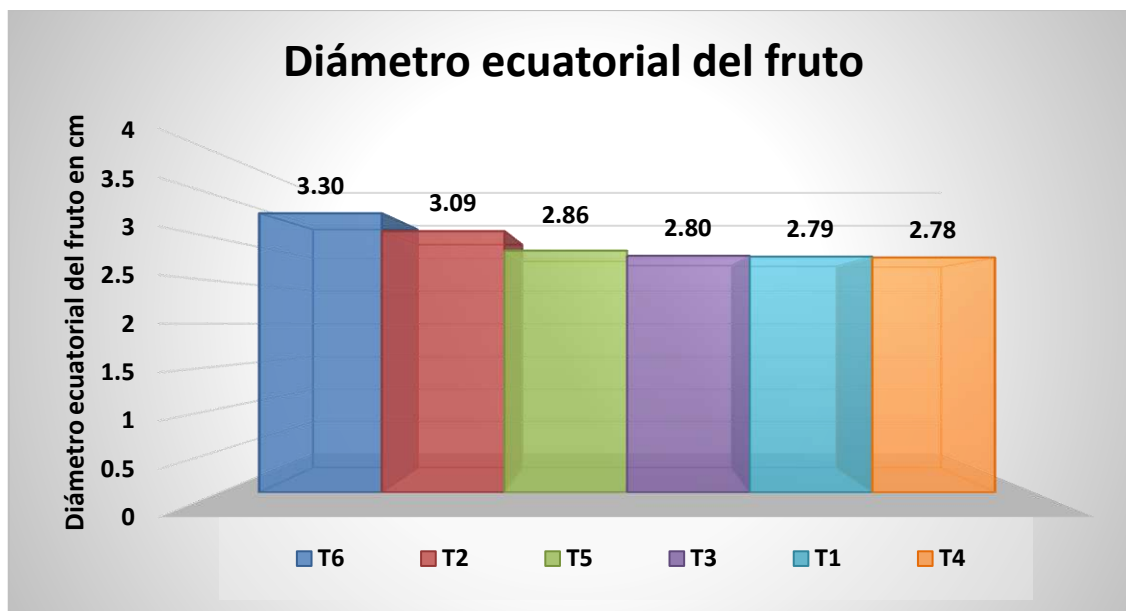
En el cuadro N° 28 y gráfico N° 12 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el diámetro ecuatorial del fruto expresado en centímetros en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra

pómez) no existe diferencia estadística significativa. De la misma manera, entre los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) no existe una diferencia estadística significativa entre sí. Sin embargo, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) muestra una diferencia estadística significativa respecto a los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla).

Cuadro N° 28: Comparación de medias Tukey para el diámetro ecuatorial del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	Significancia
1	T6	3.30	a
2	T2	3.09	a b
3	T5	2.86	b
4	T3	2.80	b
5	T1	2.79	b
6	T4	2.78	b

Gráfico N° 12: Se muestran los resultados obtenidos para el diámetro ecuatorial del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.2.2. DIÁMETRO POLAR DEL FRUTO

En el anexo N° 10 se observan los promedios del diámetro polar del fruto de los tratamientos.

En el cuadro N° 29 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el diámetro polar del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 29: Análisis de varianza (ANVA) para el diámetro polar del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	1.74	0.35	15.59	0.0001	*
Error	18	0.40	0.02			
Total	23	2.14				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 4.60 %

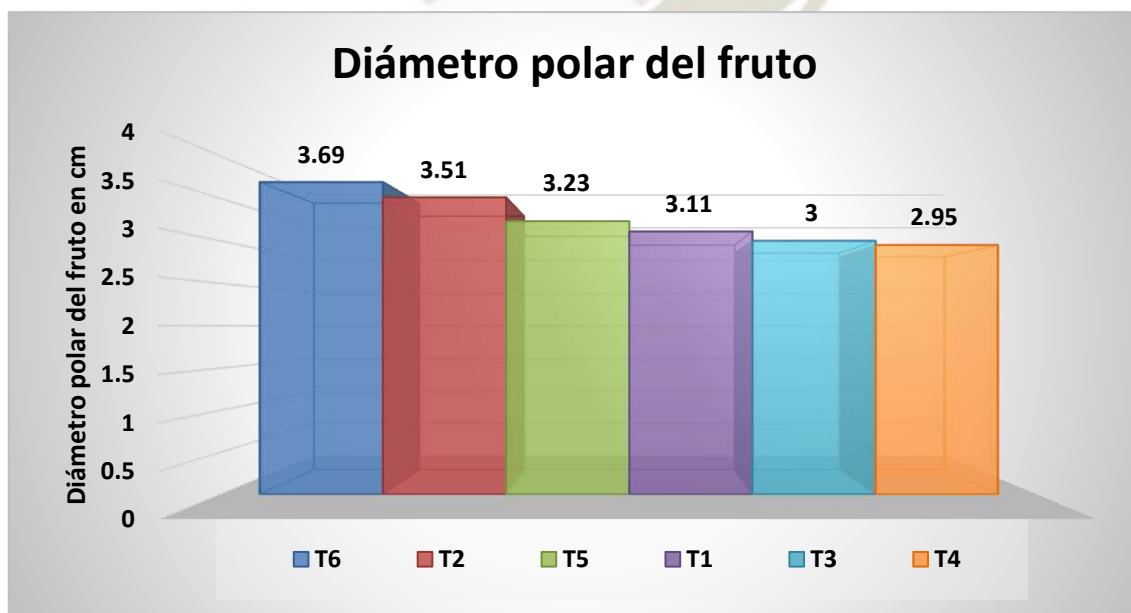
En el cuadro N° 30 y gráfico N° 13 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el diámetro polar del fruto expresado en centímetros en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) no existe diferencia significativa estadística. A su vez, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) muestra una diferencia estadística significativa respecto a los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla). Asimismo, tampoco muestran diferencia significativa estadística los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina). De la misma manera, tampoco se aprecia una diferencia significativa estadística entre los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla). Sin embargo, los tratamientos T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) muestran una

diferencia significativa estadística respecto a los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez).

Cuadro N° 30: Comparación de medias Tukey para el diámetro polar del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Diámetro polar del fruto (cm)	Significancia
1	T6	3.69	a
2	T2	3.51	a b
3	T5	3.23	b c
4	T1	3.11	c
5	T3	3	c
6	T4	2.95	c

Gráfico N° 13: Se muestran los resultados obtenidos para el diámetro polar del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.2.3. PESO PROMEDIO DEL FRUTO

En el anexo N° 11 se observan los promedios del peso promedio del fruto de los tratamientos.

En el cuadro N° 31 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el peso promedio del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 31: Análisis de varianza (ANVA) para el peso promedio del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	24.17	4.83	6.09	0.0018	*
Error	18	14.28	0.79			
Total	23	38.45				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 5.92 %

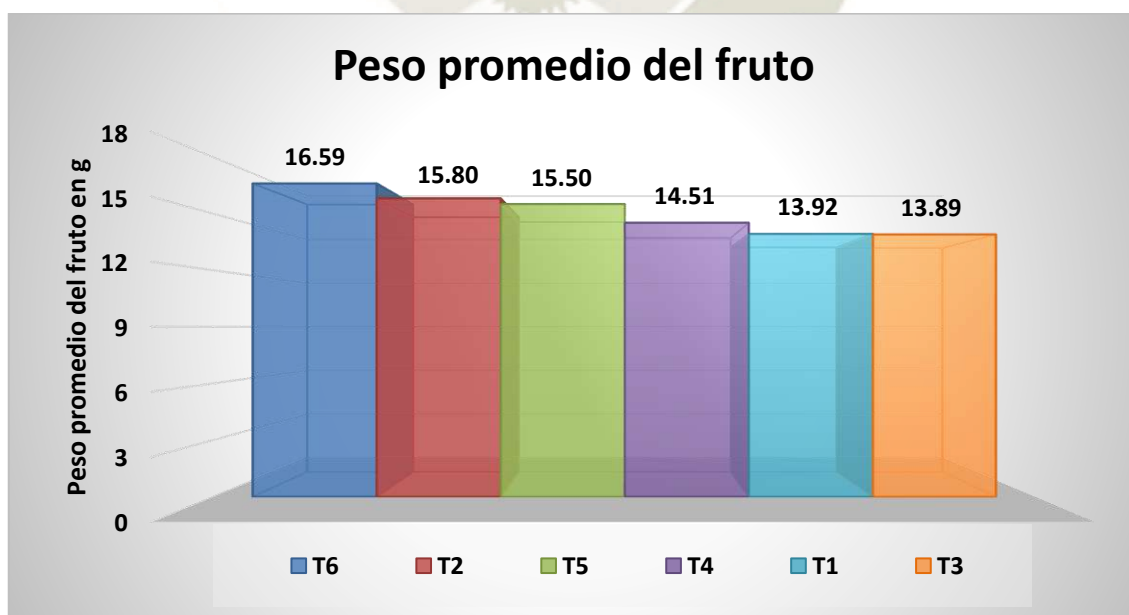
En el cuadro N° 32 y gráfico N° 14 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el peso promedio del fruto expresado en gramos en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no existe diferencia significativa estadística. A su vez, tampoco existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla). Sin embargo, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena

fina) presenta una diferencia estadística significativa respecto a los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla).

Cuadro N° 32: Comparación de medias Tukey para el peso promedio del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Peso promedio del fruto (g)	Significancia
1	T6	16.59	a
2	T2	15.80	a b
3	T5	15.50	a b
4	T4	14.51	b
5	T1	13.92	b
6	T3	13.89	b

Gráfico N° 14: Se muestran los resultados obtenidos para el peso promedio del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.2.4. NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA

En el anexo N° 12 se observan los promedios del número de frutos por planta de los tratamientos.

En el cuadro N° 33 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el número de frutos por planta en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 33: Análisis de varianza (ANVA) para el número de frutos por planta en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	298.25	59.65	44.34	0.0001	*
Error	18	24.22	1.35			
Total	23	322.47				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 11.24 %

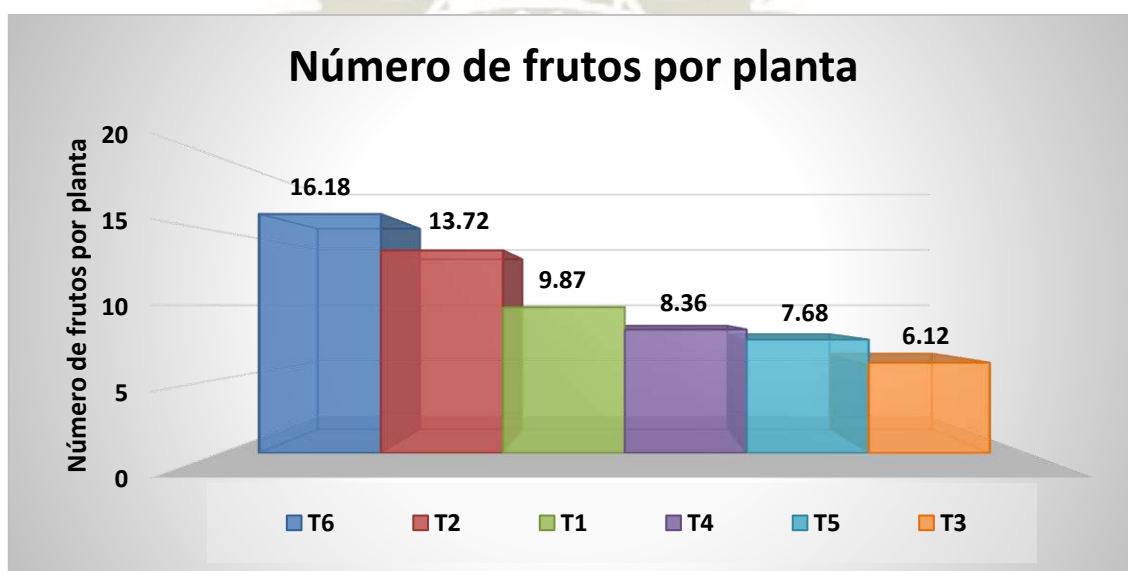
En el cuadro N° 34 y gráfico N° 15 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el número de frutos por planta en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) no presentan una diferencia significativa estadística entre sí, a su vez estos dos tratamientos muestran una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos. Asimismo, entre los tratamientos T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no se aprecia una diferencia estadística significativa. Los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) y T3 (80

% de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) tampoco presentan una diferencia estadística significativa entre sí. Sin embargo, el tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) muestra una diferencia estadística significativa respecto a los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez).

Cuadro N° 34: Comparación de medias Tukey para el número de frutos por planta en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Número de frutos por planta	Significancia
1	T6	16.18	a
2	T2	13.72	a
3	T1	9.87	b
4	T4	8.36	b c
5	T5	7.68	b c
6	T3	6.12	c

Gráfico N° 15: Se muestran los resultados obtenidos para el número de frutos por planta en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.2.5. FIRMEZA DEL FRUTO

En el anexo N° 13 se observan los promedios de la firmeza del fruto de los tratamientos.

En el cuadro N° 35 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la firmeza del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 35: Análisis de varianza (ANVA) para la firmeza del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	0.25	0.05	9	0.0002	*
Error	18	0.10	0.01			
Total	23	0.35				

N. S. = No significativo

*= Significativo

C. V. = 9.60 %

En el cuadro N° 36 y gráfico N° 16 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la firmeza del fruto expresada en kgf en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no existe diferencia estadística significativa. A su vez, entre los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) no se presenta diferencia estadística significativa. Los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T6 (60 % de cascarilla de

arroz y 40 % de arena fina) tampoco muestran una diferencia significativa entre sí. Sin embargo, los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) presentan una diferencia significativa respecto a los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina).

Cuadro N° 36: Comparación de medias Tukey para la firmeza del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Firmeza del fruto (kgf)	Significancia
1	T3	0.89	a
2	T1	0.88	a
3	T4	0.82	a b
4	T5	0.75	a b c
5	T2	0.69	b c
6	T6	0.61	c

Gráfico N° 16: Se muestran los resultados obtenidos para la firmeza del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.2.6. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

En el anexo N° 14 se observan los promedios de los sólidos solubles totales de los tratamientos.

En el cuadro N° 37 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para los sólidos solubles totales en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 37: Análisis de varianza (ANVA) para los sólidos solubles totales en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	4.18	0.84	3.40	0.0246	*
Error	18	4.43	0.25			
Total	23	8.61				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 8.25 %

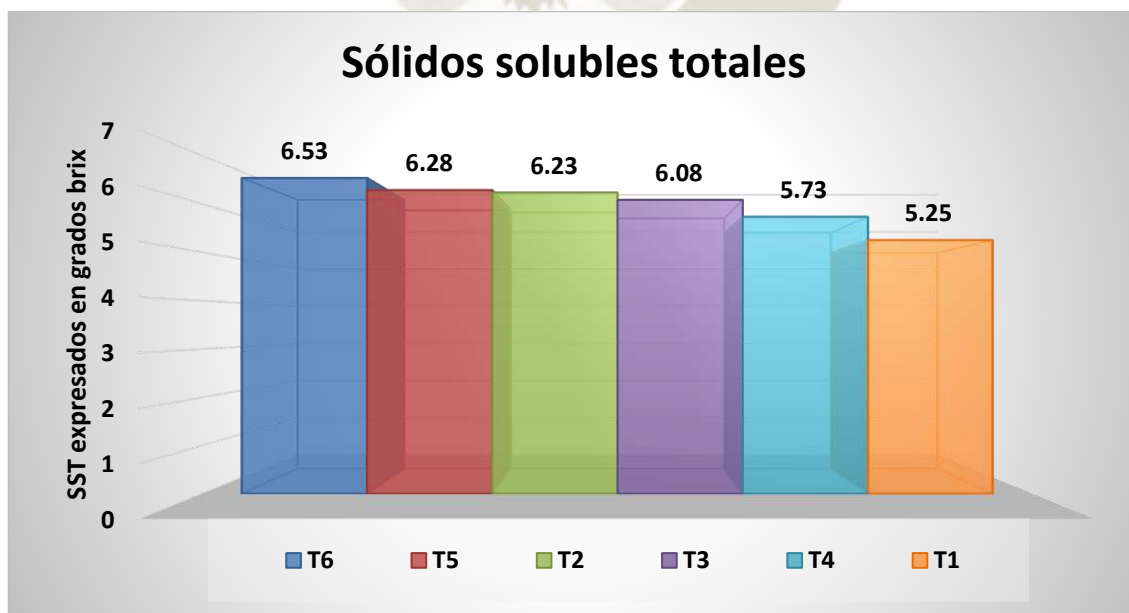
En el cuadro N° 38 y gráfico N° 17 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para los sólidos solubles totales del fruto expresados en grados brix en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) no existe diferencia significativa estadística. A su vez, tampoco existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T1 (80 % de cascarilla de

arroz y 20 % de piedra pómez). Sin embargo, los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) presentan una diferencia estadística significativa entre sí.

Cuadro N° 38: Comparación de medias Tukey para los sólidos solubles totales en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Sólidos solubles totales (°Bx)	Significancia
1	T6	6.53	a
2	T5	6.28	a b
3	T2	6.23	a b
4	T3	6.08	a b
5	T4	5.73	a b
6	T1	5.25	b

Gráfico N° 17: Se muestran los resultados obtenidos para los sólidos solubles totales en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.2.7. ACIDEZ TITULABLE

En el anexo N° 15 se observan los promedios de la acidez titulable de los tratamientos.

En el cuadro N° 39 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la acidez titulable en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 39: Análisis de varianza (ANVA) para la acidez titulable en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	0.07	0.014	7.79	0.0005	*
Error	18	0.03	0.0017			
Total	23	0.10				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

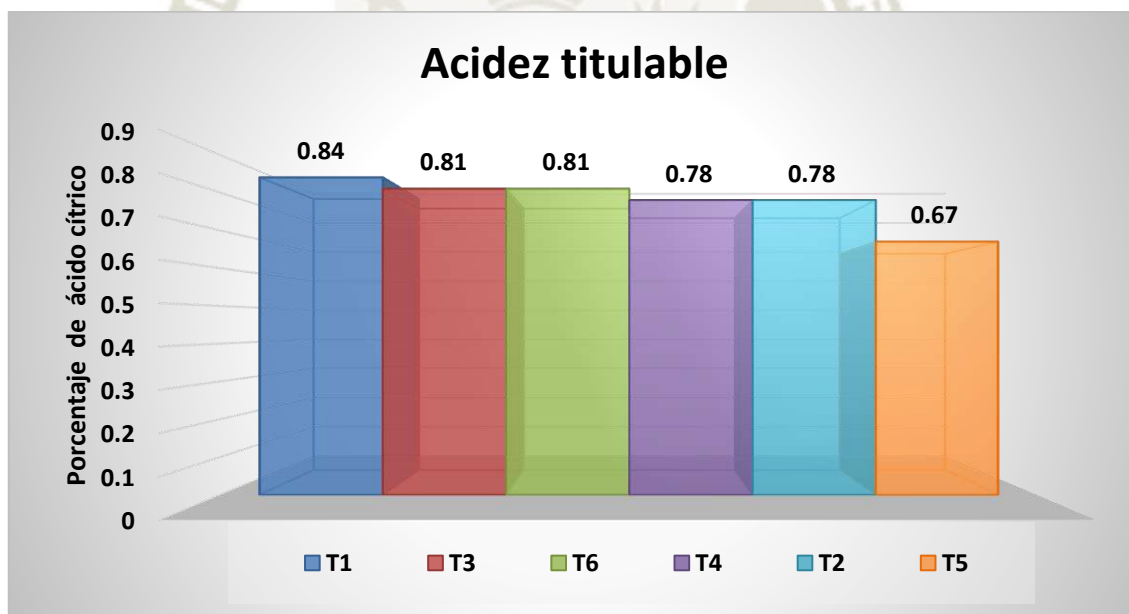
C. V. = 5.43 %

En el cuadro N° 40 y gráfico N° 18 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la acidez titulable del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) no existe diferencia estadística significativa, asimismo estos cinco tratamientos presentan una diferencia estadísticamente significativa respecto al tratamiento T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina).

Cuadro N° 40: Comparación de medias Tukey para la acidez titulable en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	% de ácido cítrico en 10 g de muestra	Significancia
1	T1	0.84	a
2	T3	0.81	a
3	T6	0.81	a
4	T4	0.78	a
5	T2	0.78	a
6	T5	0.67	b

Gráfico N° 18: Se muestran los resultados obtenidos para la acidez titulable en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.2.8. RELACIÓN SST/AT

En el anexo N° 16 se observan los promedios de la relación SST/AT de los tratamientos.

En el cuadro N° 41 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la relación SST/AT en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 41: Análisis de varianza (ANVA) para la relación SST/AT en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	21.08	4.22	10.26	0.0001	*
Error	18	7.40	0.41			
Total	23	28.48				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 8.23 %

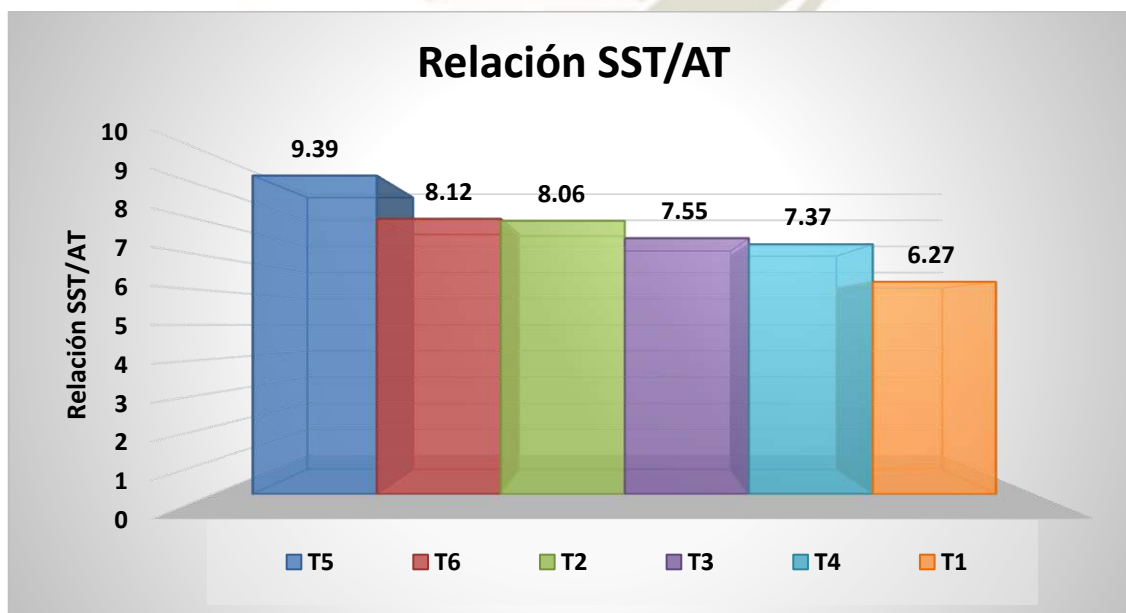
En el cuadro N° 42 y gráfico N° 19 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la relación SST/AT del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) no existe diferencia significativa estadística. A su vez, tampoco existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla). Al mismo tiempo, los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T1 (80 % de cascarilla

de arroz y 20 % de piedra pómez) tampoco muestran una diferencia significativa estadística entre sí. Sin embargo, el tratamiento T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) presenta una diferencia estadística significativa respecto a los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez).

Cuadro N° 42: Comparación de medias Tukey para la relación SST/AT en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Relación SST/AT	Significancia
1	T5	9.39	a
2	T6	8.12	a b
3	T2	8.06	a b
4	T3	7.55	b c
5	T4	7.37	b c
6	T1	6.27	c

Gráfico N° 19: Se muestran los resultados obtenidos para la relación SST/AT en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.2.9. COLOR EXTERNO DEL FRUTO:

CIE-L*a*b*C* y H

a) L* (Luminosidad)

En el anexo N° 17 se observan los promedios de la luminosidad (L*) de los tratamientos.

En el cuadro N° 43 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la luminosidad (L*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 43: Análisis de varianza (ANVA) para la luminosidad (L*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	165.25	33.05	1.32	0.2987	N. S.
Error	18	449.56	24.98			
Total	23	614.81				

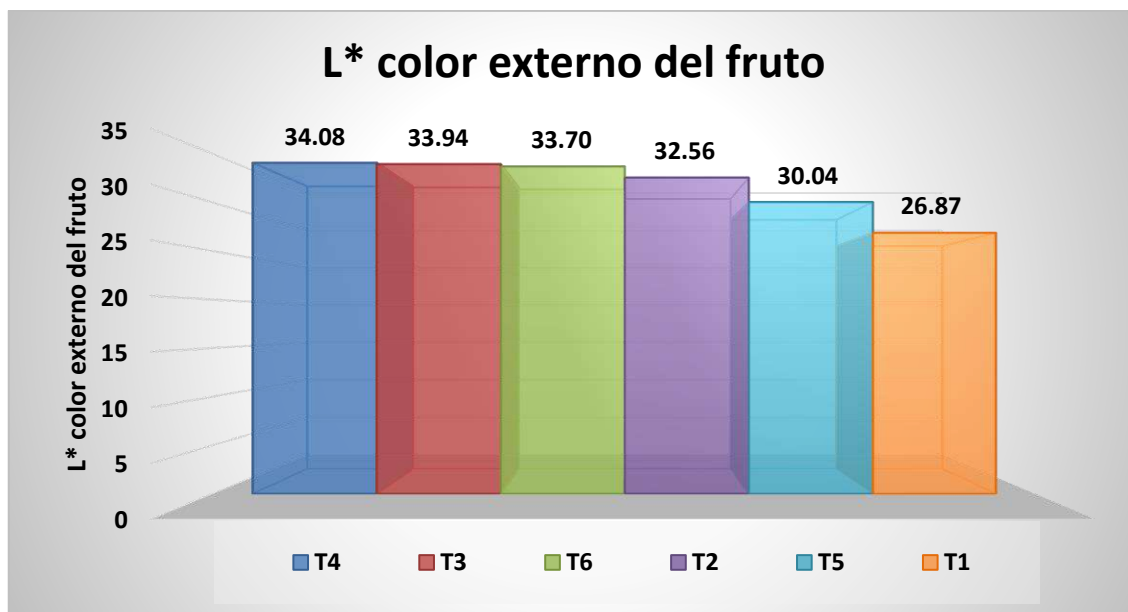
N. S. = No significativo

*= Significativo

C. V. = 15.68 %

El gráfico N° 20 muestra que en la luminosidad (L*) no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos.

Gráfico N° 20: Se muestran los resultados obtenidos para la luminosidad (L^*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



b) a^* (Nivel de rojo)

En el anexo N° 18 se observan los promedios del nivel de rojo (a^*) de los tratamientos.

En el cuadro N° 44 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el nivel de rojo (a^*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 44: Análisis de varianza (ANVA) para el nivel de rojo (a*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	288.12	57.62	2.24	0.0953	N. S.
Error	18	464.01	25.78			
Total	23	752.13				

N. S. = No significativo

*= Significativo

C. V. = 15.67 %

El gráfico N° 21 muestra que en el nivel de rojo (a*) no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos.

Gráfico N° 21: Se muestran los resultados obtenidos para el nivel de rojo (a*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



c) b* (Nivel de amarillo)

En el anexo N° 19 se observan los promedios del nivel de amarillo (b*) de los tratamientos.

En el cuadro N° 45 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el nivel de amarillo (b*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 45: Análisis de varianza (ANVA) para el nivel de amarillo (b*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	334.75	66.95	4.51	0.0077	*
Error	18	267.41	14.86			
Total	23	602.16				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 17.39 %

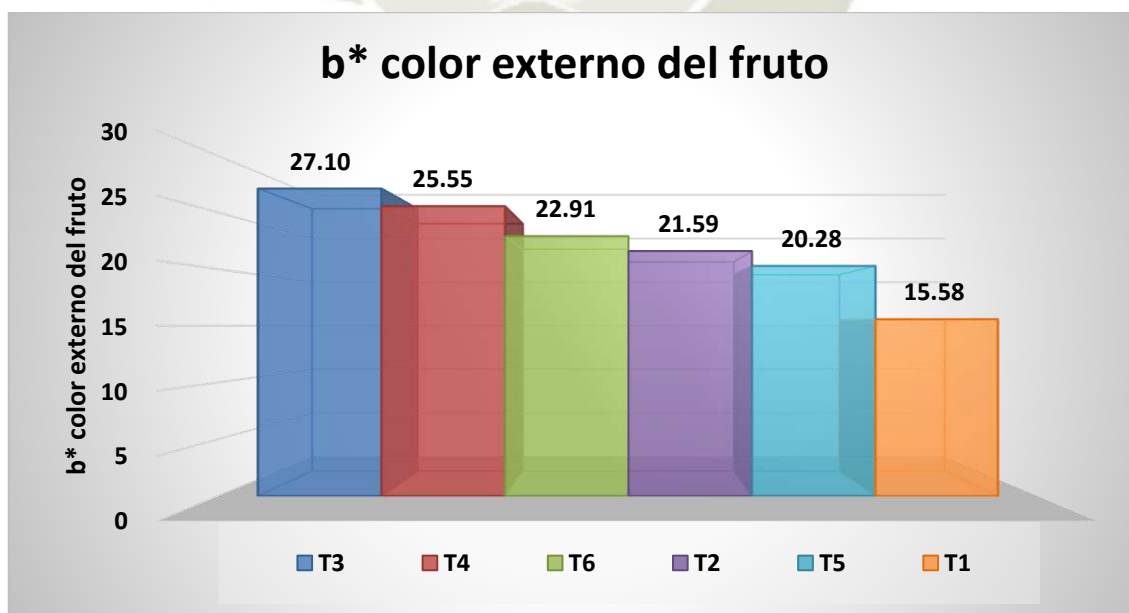
En el cuadro N° 46 y gráfico N° 22 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el nivel de amarillo (b*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no existe diferencia significativa estadística. A su vez, tampoco existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) y T1 (80 % de cascarilla de

arroz y 20 % de piedra pómez). Sin embargo, los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) presentan una diferencia estadística significativa respecto al tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez).

Cuadro N° 46: Comparación de medias Tukey para el nivel de amarillo (b*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Color externo del fruto (b*)	Significancia
1	T3	27.10	a
2	T4	25.55	a
3	T6	22.91	a b
4	T2	21.59	a b
5	T5	20.28	a b
6	T1	15.58	b

Gráfico N° 22: Se muestran los resultados obtenidos para el nivel de amarillo (b*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



d) C* (Cromaticidad)

En el anexo N° 20 se observan los promedios de la cromaticidad (C*) de los tratamientos.

En el cuadro N° 47 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la cromaticidad (C*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 47: Análisis de varianza (ANVA) para la cromaticidad (C*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	576.99	115.40	2.99	0.0388	*
Error	18	694.45	38.58			
Total	23	1271.44				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 15.81 %

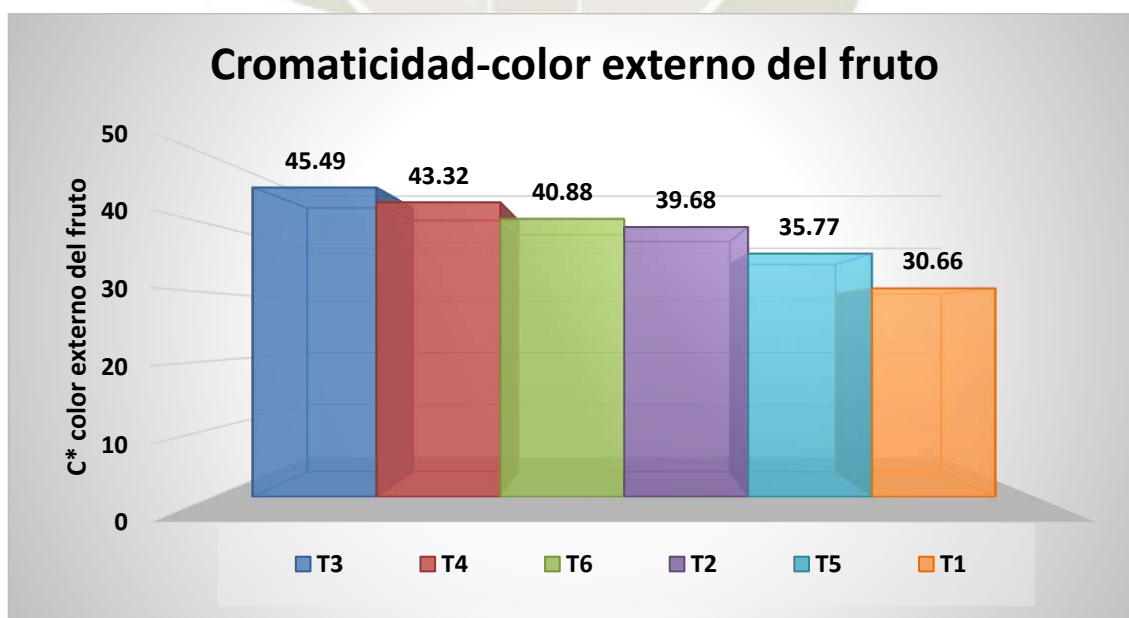
En el cuadro N° 48 y gráfico N° 23 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la cromaticidad (C*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no existe diferencia significativa estadística. Asimismo, tampoco existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez). Sin

embargo, el tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) muestra una diferencia estadística significativa respecto al tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez).

Cuadro N° 48: Comparación de medias Tukey para la cromaticidad (C*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Cromaticidad (C*)	Significancia
1	T3	45.49	a
2	T4	43.32	a b
3	T6	40.88	a b
4	T2	39.68	a b
5	T5	35.77	a b
6	T1	30.66	b

Gráfico N° 23: Se muestran los resultados obtenidos para la cromaticidad (C*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



e) H o Hue (Tonalidad)

En el anexo N° 21 se observan los promedios de la tonalidad (H) de los tratamientos.

En el cuadro N° 49 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la tonalidad (H) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 49: Análisis de varianza (ANVA) para la tonalidad (H) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	91.38	18.28	3.41	0.0242	*
Error	18	96.45	5.36			
Total	23	187.83				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 6.78 %

En el cuadro N° 50 y gráfico N° 24 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la tonalidad (H) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) no existe diferencia significativa estadística. A la vez, tampoco existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez). Sin embargo, los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz

y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) muestran una diferencia estadística significativa respecto al tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez).

Cuadro N° 50: Comparación de medias Tukey para la tonalidad (H) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Tonalidad o Hue (H)	Significancia
1	T3	36.57	a
2	T4	36.15	a
3	T5	34.66	a b
4	T6	33.98	a b
5	T2	32.63	a b
6	T1	30.93	b

Gráfico N° 24: Se muestran los resultados obtenidos para la tonalidad (H) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

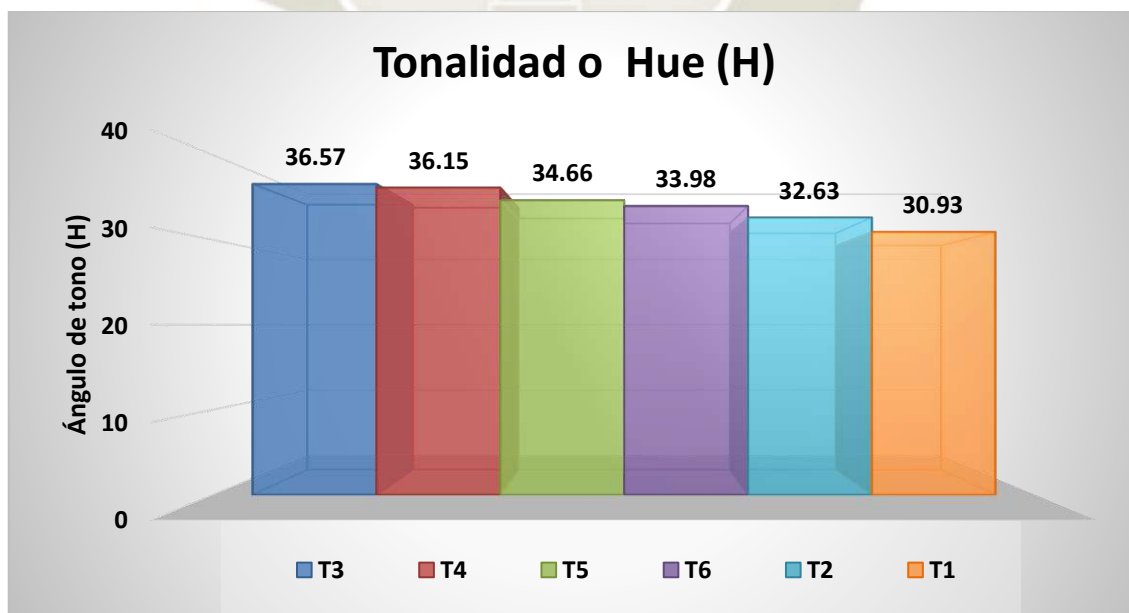


Gráfico N° 25: Se muestran los resultados obtenidos para el color externo del fruto CIE-L*a*b* en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

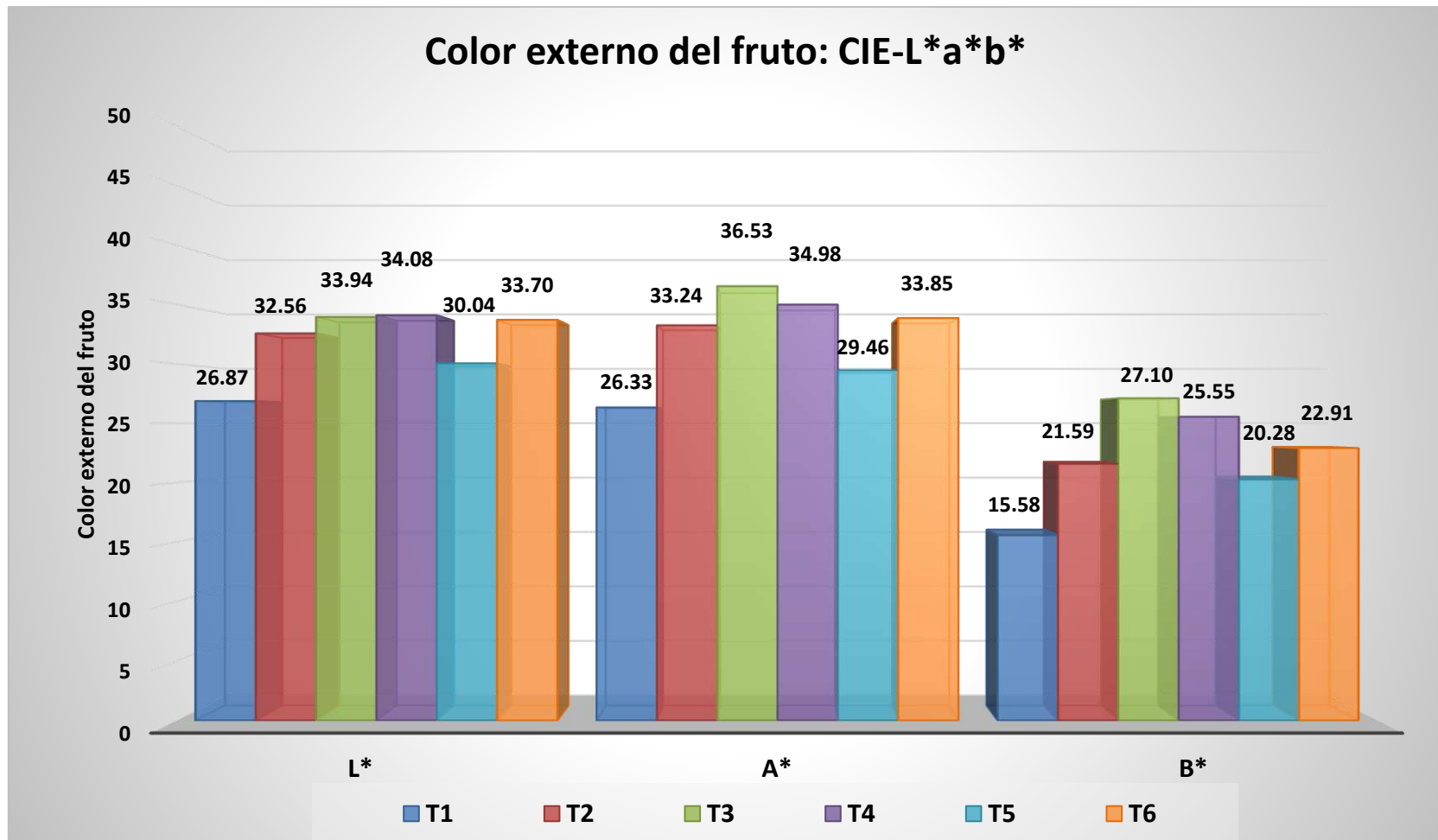
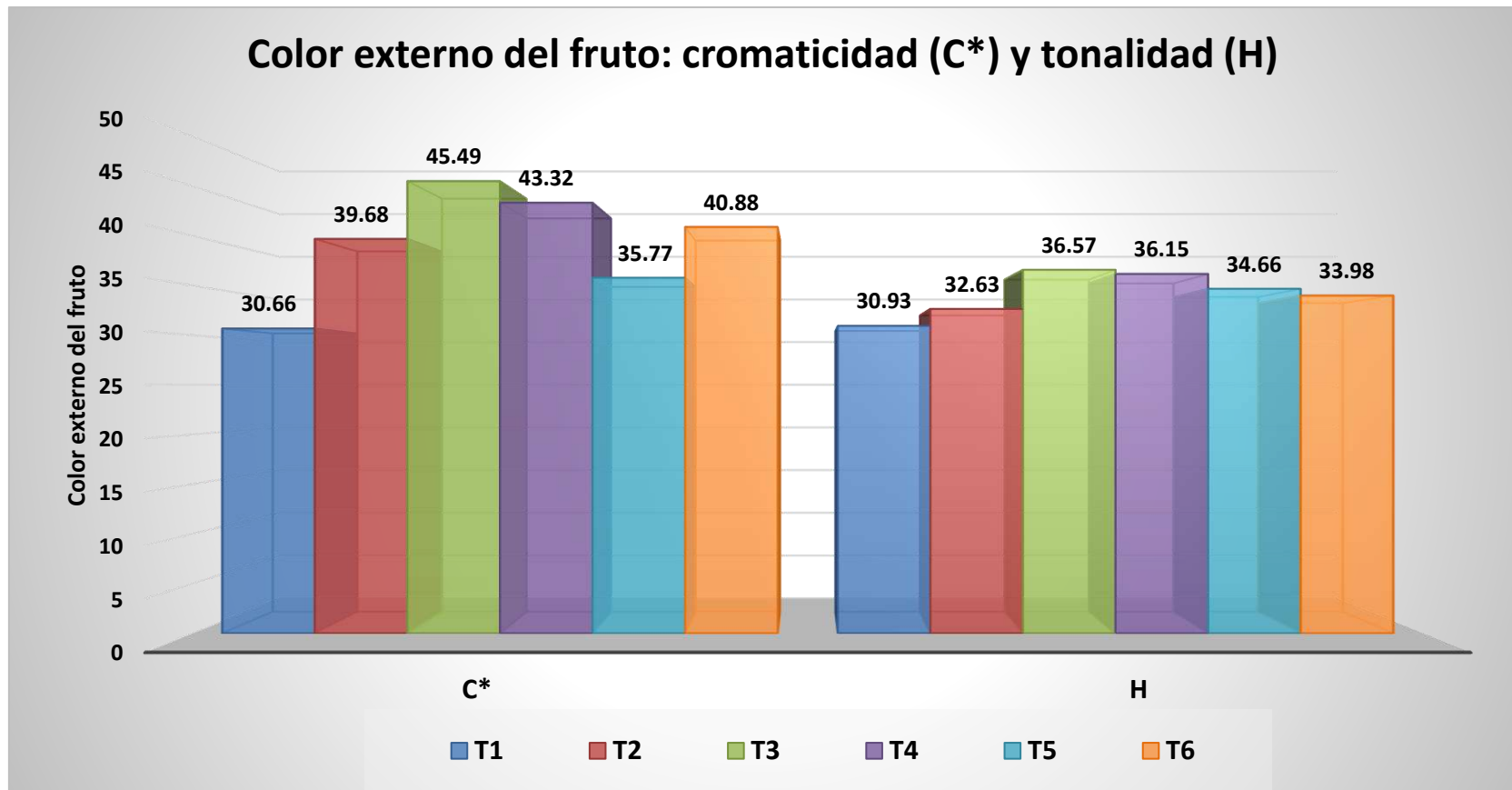


Gráfico N° 26: Se muestran los resultados obtenidos para el color externo del fruto cromaticidad y tonalidad en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) cv. Camarosa.



Cuadro N° 51: Resumen de las evaluaciones realizadas en los componentes del rendimiento y características del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Tratamientos	Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	Diámetro polar del fruto (cm)	Peso promedio del fruto (g)	Número de frutos por planta	Firmeza del fruto (kgf)	Sólidos solubles totales (° brix)	Acidez titulable (% de ácido cítrico)	Relación SST/AT
T1	2.79 b	3.11 c	13.92 b	9.87 b	0.88 a	5.25 b	0.84 a	6.27 c
T2	3.09 ab	3.51 ab	15.80 ab	13.72 a	0.69 bc	6.23 ab	0.78 a	8.06 ab
T3	2.80 b	3 c	13.89 b	6.12 c	0.89 a	6.08 ab	0.81 a	7.55 bc
T4	2.78 b	2.95 c	14.51 b	8.36 bc	0.82 ab	5.73 ab	0.78 a	7.37 bc
T5	2.86 b	3.23 bc	15.50 ab	7.68 bc	0.75 abc	6.28 ab	0.67 b	9.39 a
T6	3.30 a	3.69 a	16.59 a	16.18 a	0.61 c	6.53 a	0.81 a	8.12 ab

Tratamientos	Color externo del fruto				
	L*	a*	b*	C*	H
T1	26.87 n. s.	26.33 n. s.	15.58 b	30.66 b	30.93 b
T2	32.56 n. s.	33.24 n. s.	21.59 ab	39.68 ab	32.63 ab
T3	33.94 n. s.	36.53 n. s.	27.10 a	45.49 a	36.57 a
T4	34.08 n. s.	34.98 n. s.	25.55 a	43.32 ab	36.15 a
T5	30.04 n. s.	29.46 n. s.	20.28 ab	35.77 ab	34.66 ab
T6	33.70 n. s.	33.85 n. s.	22.91 ab	40.88 ab	33.98 ab

4.3. Objetivo 3:

Determinar el efecto de las diferentes combinaciones de sustratos en el rendimiento y porcentaje de rendimiento de categoría de calidad en el cultivo de fresa en mangas verticales hidropónicas.

4.3.1. RENDIMIENTO POR PLANTA

En el anexo N° 22 se observan los promedios del rendimiento por planta de los tratamientos.

En el cuadro N° 52 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento por planta en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 52: Análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento por planta en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	96598.08	19319.62	94.80	0.0001	*
Error	18	3668.30	203.79			
Total	23	100266.38				

N. S. = No significativo

*= Significativo

C. V. = 9.06 %

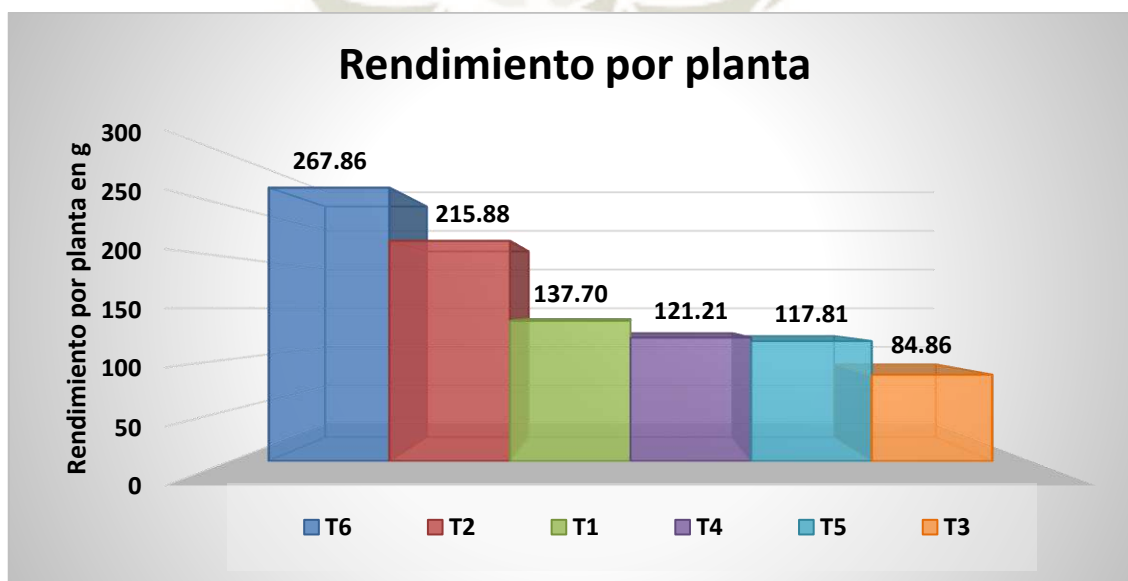
En el cuadro N° 53 y gráfico N° 27 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el rendimiento por planta expresado en gramos en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) muestra una diferencia estadística significativa respecto a los demás tratamientos. De la misma manera, el tratamiento T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) presenta una diferencia significativa respecto a los demás tratamientos. Sin embargo, los tratamientos T1 (80 % de

cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no muestran una diferencia significativa entre sí, pero estos tres muestran una diferencia estadística significativa respecto a los demás tratamientos. Asimismo, el tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) presenta una diferencia significativa al compararse con los otros tratamientos.

Cuadro N° 53: Comparación de medias Tukey para el rendimiento por planta en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Rendimiento por planta (g)	Significancia
1	T6	267.86	a
2	T2	215.88	b
3	T1	137.70	c
4	T4	121.21	c
5	T5	117.81	c
6	T3	84.86	d

Gráfico N° 27: Se muestran los resultados obtenidos para el rendimiento por planta en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.3.2. RENDIMIENTO POR MANGA

En el anexo N° 23 se observan los promedios del rendimiento por manga de los tratamientos.

En el cuadro N° 54 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento por manga en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 54: Análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento por manga en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	80.59	16.12	398.79	0.0001	*
Error	18	0.73	0.04			
Total	23	81.32				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 5.07 %

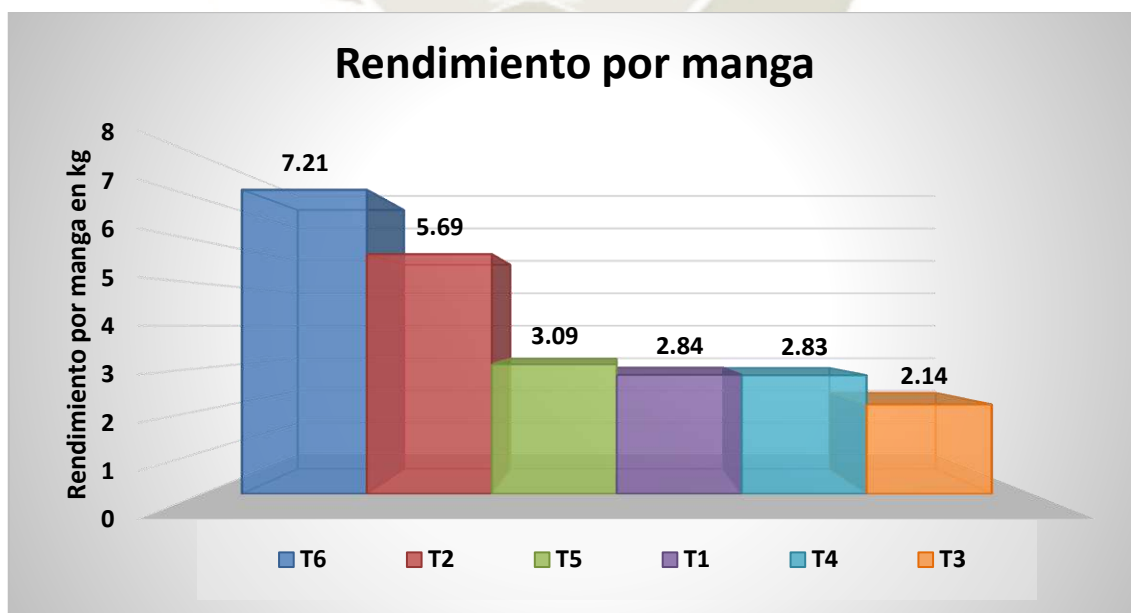
En el cuadro N° 55 y gráfico N° 28 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el rendimiento por manga expresado en kilogramos en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) muestra una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos. Igualmente, el tratamiento T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) presenta una diferencia significativa estadística respecto a los demás tratamientos. Sin embargo, los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) no muestran una diferencia significativa estadística entre sí, pero estos tres tratamientos muestran una diferencia estadísticamente significativa

respecto a los otros tratamientos. Asimismo, el tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) presenta una diferencia estadística significativa en comparación con los demás tratamientos.

Cuadro N° 55: Comparación de medias Tukey para el rendimiento por manga en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Rendimiento por manga (kg)	Significancia
1	T6	7.21	a
2	T2	5.69	b
3	T5	3.09	c
4	T1	2.84	c
5	T4	2.83	c
6	T3	2.14	d

Gráfico N° 28: Se muestran los resultados obtenidos para el rendimiento por manga en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.3.3. RENDIMIENTO POR HECTÁREA

En el anexo N° 24 se observan los promedios del rendimiento por hectárea de los tratamientos.

En el cuadro N° 56 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento por hectárea en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 56: Análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento por hectárea en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	5714959845.80	1142991969.16	398.79	0.0001	*
Error	18	51591155.66	2866175.31			
Total	23	5766551001.46				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 5.07 %

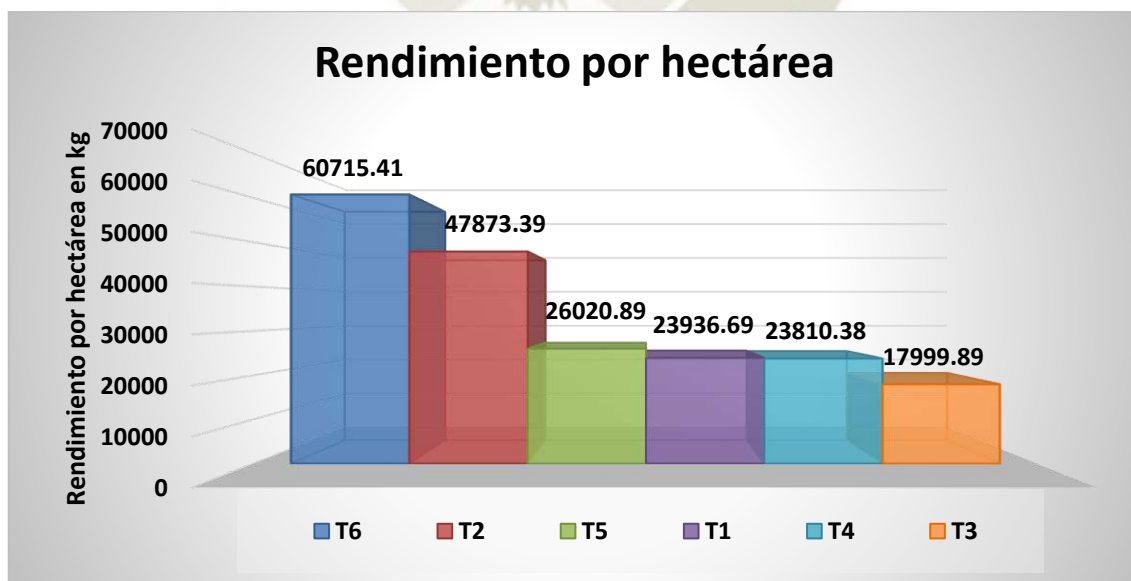
En el cuadro N° 57 y gráfico N° 29 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el rendimiento por hectárea expresado en kilogramos en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) muestra una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás. Igualmente, el tratamiento T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) presenta una diferencia significativa estadística en cuanto a los demás tratamientos. Los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) no muestran una diferencia significativa estadística entre sí, pero estos tres muestran una diferencia estadística significativa respecto a los otros tratamientos. Asimismo, el

tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) presenta una diferencia significativa en comparación con los demás tratamientos.

Cuadro N° 57: Comparación de medias Tukey para el rendimiento por hectárea en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Rendimiento por hectárea (kg)	Significancia
1	T6	60715.41	a
2	T2	47873.39	b
3	T5	26020.89	c
4	T1	23936.69	c
5	T4	23810.38	c
6	T3	17999.89	d

Gráfico N° 29: Se muestran los resultados obtenidos para el rendimiento por hectárea en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.3.4. PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE CATEGORÍA DE CALIDAD Y FRUTOS DEFORMES

a) Porcentaje de rendimiento de categoría de calidad extra

En el anexo N° 25 se observan los promedios del porcentaje de rendimiento de categoría de calidad extra de los tratamientos.

En el cuadro N° 58 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad extra en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 58: Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad extra en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	2965.48	593.10	100.59	0.0001	*
Error	18	106.13	5.90			
Total	23	3071.61				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 13.38 %

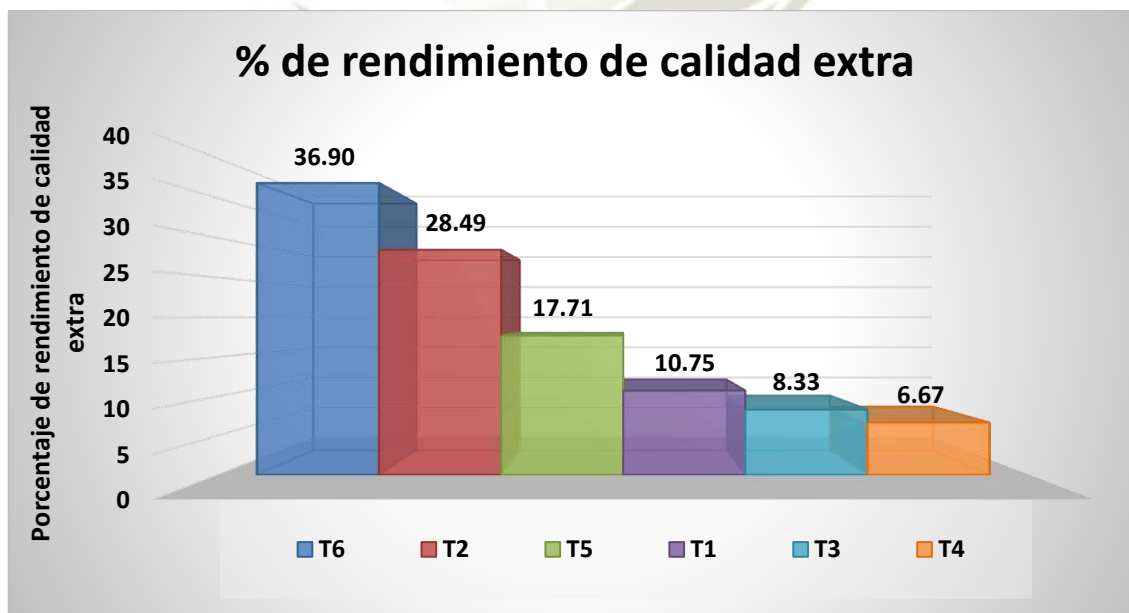
En el cuadro N° 59 y gráfico N° 30 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad extra en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) muestran una diferencia significativa estadística entre sí, a su vez estos tratamientos también son significativamente diferentes respecto a los tratamientos T1 (80 % de

cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla). Sin embargo, estos tres últimos tratamientos no presentan una diferencia estadísticamente significativa entre sí.

Cuadro N° 59: Comparación de medias Tukey para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad extra en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Rendimiento de calidad extra (%)	Significancia
1	T6	36.90	a
2	T2	28.49	b
3	T5	17.71	c
4	T1	10.75	d
5	T3	8.33	d
6	T4	6.67	d

Gráfico N° 30: Se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad extra en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



b) Porcentaje de rendimiento de categoría de calidad primera

En el anexo N° 26 se observan los promedios del porcentaje de rendimiento de categoría de calidad primera de los tratamientos.

En el cuadro N° 60 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad primera en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 60: Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad primera en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	402.49	80.50	3.51	0.0217	*
Error	18	412.82	22.93			
Total	23	815.31				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 8.82 %

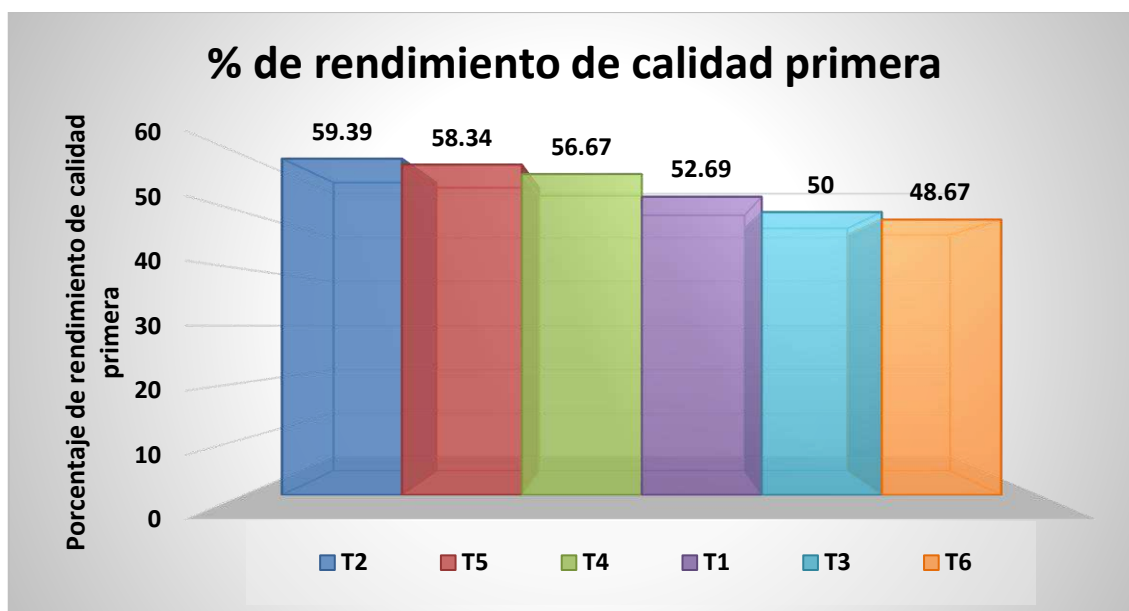
En el cuadro N° 61 y gráfico N° 31 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad primera en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) no existe una diferencia estadística significativa. Asimismo, los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra

pómez) y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) no muestran una diferencia estadísticamente significativa entre sí. De la misma manera, no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina). Sin embargo, se puede apreciar que los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) presentan una diferencia estadística significativa respecto a los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina).

Cuadro N° 61: Comparación de medias Tukey para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad primera en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Rendimiento de calidad primera (%)	Significancia
1	T2	59.39	a
2	T5	58.34	a
3	T4	56.67	a b
4	T1	52.69	a b c
5	T3	50	b c
6	T6	48.67	c

Gráfico N° 31: Se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad primera en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



c) Porcentaje de rendimiento de categoría de calidad segunda

En el anexo N° 27 se observan los promedios del porcentaje de rendimiento de categoría de calidad segunda de los tratamientos.

En el cuadro N° 62 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad segunda en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 62: Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad segunda en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	1347.68	269.54	29.46	0.0001	*
Error	18	164.68	9.15			
Total	23	1512.36				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

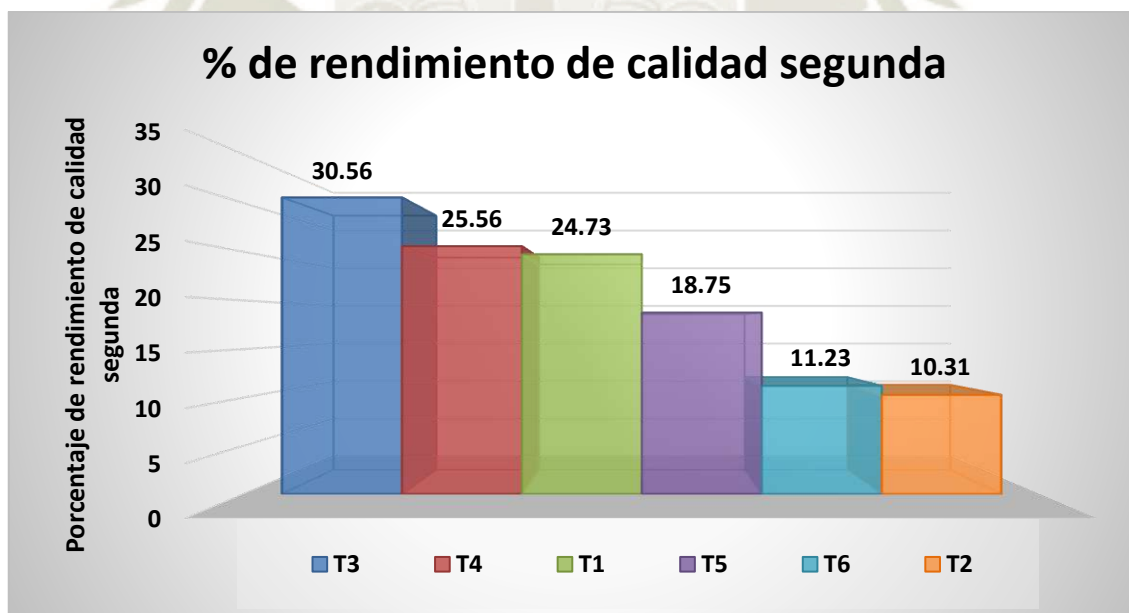
C. V. = 14.98 %

En el cuadro N° 63 y gráfico N° 32 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad segunda en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) no existe una diferencia estadística significativa. Asimismo, los tratamientos T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) tampoco presentan una diferencia estadística significativa entre sí. De la misma manera, no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), sin embargo estos dos últimos tratamientos sí presentan una diferencia estadística significativa respecto a los demás tratamientos. También se puede apreciar que los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) muestran una diferencia estadística significativa respecto a los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez).

Cuadro N° 63: Comparación de medias Tukey para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad segunda en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Rendimiento de calidad segunda (%)	Significancia
1	T3	30.56	a
2	T4	25.56	a
3	T1	24.73	a b
4	T5	18.75	b
5	T6	11.23	c
6	T2	10.31	c

Gráfico N° 32: Se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de rendimiento de categoría de calidad segunda en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



d) Porcentaje de rendimiento de frutos deformes

En el anexo N° 28 se observan los promedios del porcentaje de rendimiento de frutos deformes de los tratamientos.

En el cuadro N° 64 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de rendimiento de frutos deformes en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 64: Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de rendimiento de frutos deformes en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	402.66	80.53	21.22	0.0001	*
Error	18	68.32	3.80			
Total	23	470.98				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 26.40 %

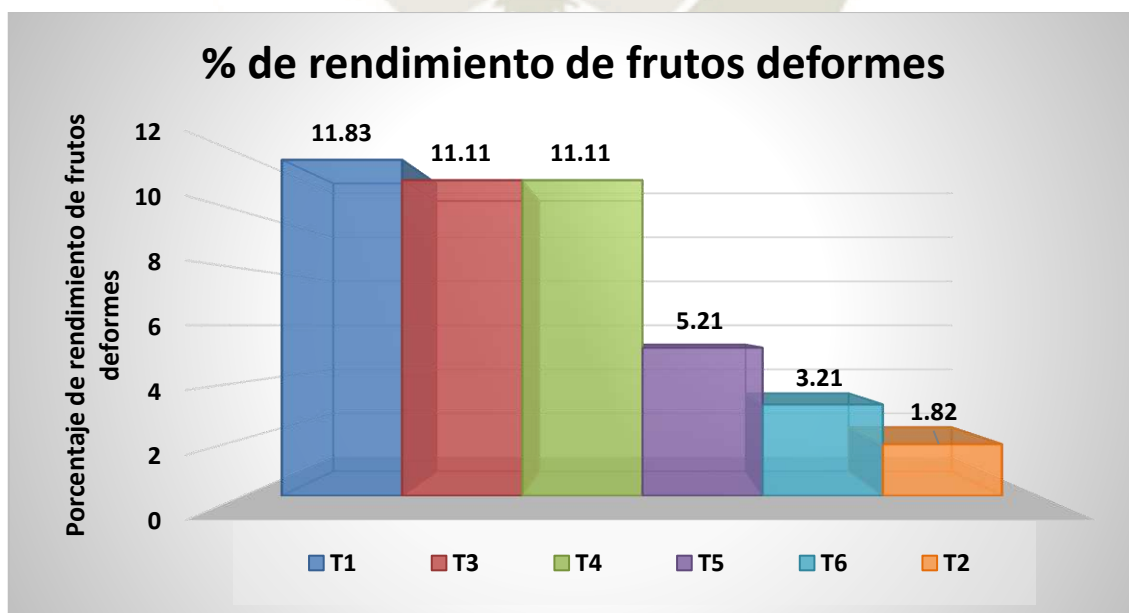
En el cuadro N° 65 y gráfico N° 33 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el porcentaje de rendimiento de frutos deformes en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) no existe diferencia estadística significativa. Asimismo, estos tres primeros tratamientos muestran una diferencia estadísticamente significativa respecto a los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra

pómez). Sin embargo, estos tres últimos tratamientos no difieren significativamente entre sí.

Cuadro N° 65: Comparación de medias Tukey para el porcentaje de rendimiento de frutos deformes en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Rendimiento de frutos deformes (%)	Significancia
1	T1	11.83	a
2	T3	11.11	a
3	T4	11.11	a
4	T5	5.21	b
5	T6	3.21	b
6	T2	1.82	b

Gráfico N° 33: Se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de rendimiento de frutos deformes en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



Cuadro N° 66: Resumen de las evaluaciones realizadas en el rendimiento y porcentaje de rendimiento de categoría de calidad en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Tratamientos	Rendimiento por planta (g)	Rendimiento por manga (kg)	Rendimiento por hectárea (kg)	Porcentaje de rendimiento de categoría de calidad (%)			
				Extra	Primera	Segunda	Deforme
T1	137.70 c	2.84 c	23936.69 c	10.75 d	52.69 abc	24.73 ab	11.83 a
T2	215.88 b	5.69 b	47873.39 b	28.49 b	59.39 a	10.31 c	1.82 b
T3	84.86 d	2.14 d	17999.89 d	8.33 d	50 bc	30.56 a	11.11 a
T4	121.21 c	2.83 c	23810.38 c	6.67 d	56.67 ab	25.56 a	11.11 a
T5	117.81 c	3.09 c	26020.89 c	17.71 c	58.34 a	18.75 b	5.21 b
T6	267.86 a	7.21 a	60715.41 a	36.90 a	48.67 c	11.23 c	3.21 b

4.4. OBJETIVO 4:

Determinar las propiedades físicas y químicas de las diferentes combinaciones de sustratos al inicio y final del experimento.

4.4.1. DENSIDAD APARENTE

a) Densidad aparente: etapa inicial del experimento

En el anexo N° 29 se observan los promedios de la densidad aparente de los tratamientos en la etapa inicial del experimento.

En el cuadro N° 67 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la densidad aparente en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 67: Análisis de varianza (ANVA) para la densidad aparente en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	0.57	0.11	1566.92	0.0001	*
Error	18	0.0036	0.0001			
Total	23	0.57				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 1.87 %

En el cuadro N° 68 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la densidad aparente de las diferentes combinaciones de sustratos en la etapa inicial del experimento, empleadas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, los tratamientos T6

(60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) muestran una diferencia significativa estadística entre sí. Asimismo se puede apreciar que, los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no presentan una diferencia estadística significativa entre sí, sin embargo estos dos tratamientos también muestran una diferencia significativa respecto a los demás tratamientos.

Cuadro N° 68: Comparación de medias Tukey para la densidad aparente en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Densidad aparente (g/cm ³)	Significancia
1	T6 (inicio)	0.67	a
2	T4 (inicio)	0.61	b
3	T3 (inicio)	0.44	c
4	T5 (inicio)	0.42	c
5	T2 (inicio)	0.38	d
6	T1 (inicio)	0.20	e

b) Densidad aparente: etapa final del experimento

En el anexo N° 30 se observan los promedios de la densidad aparente de los tratamientos en la etapa final del experimento.

En el cuadro N° 69 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la densidad aparente en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 69: Análisis de varianza (ANVA) para la densidad aparente en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	0.87	0.17	90.97	0.0001	*
Error	18	0.03	0.0019			
Total	23	0.90				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 8.84 %

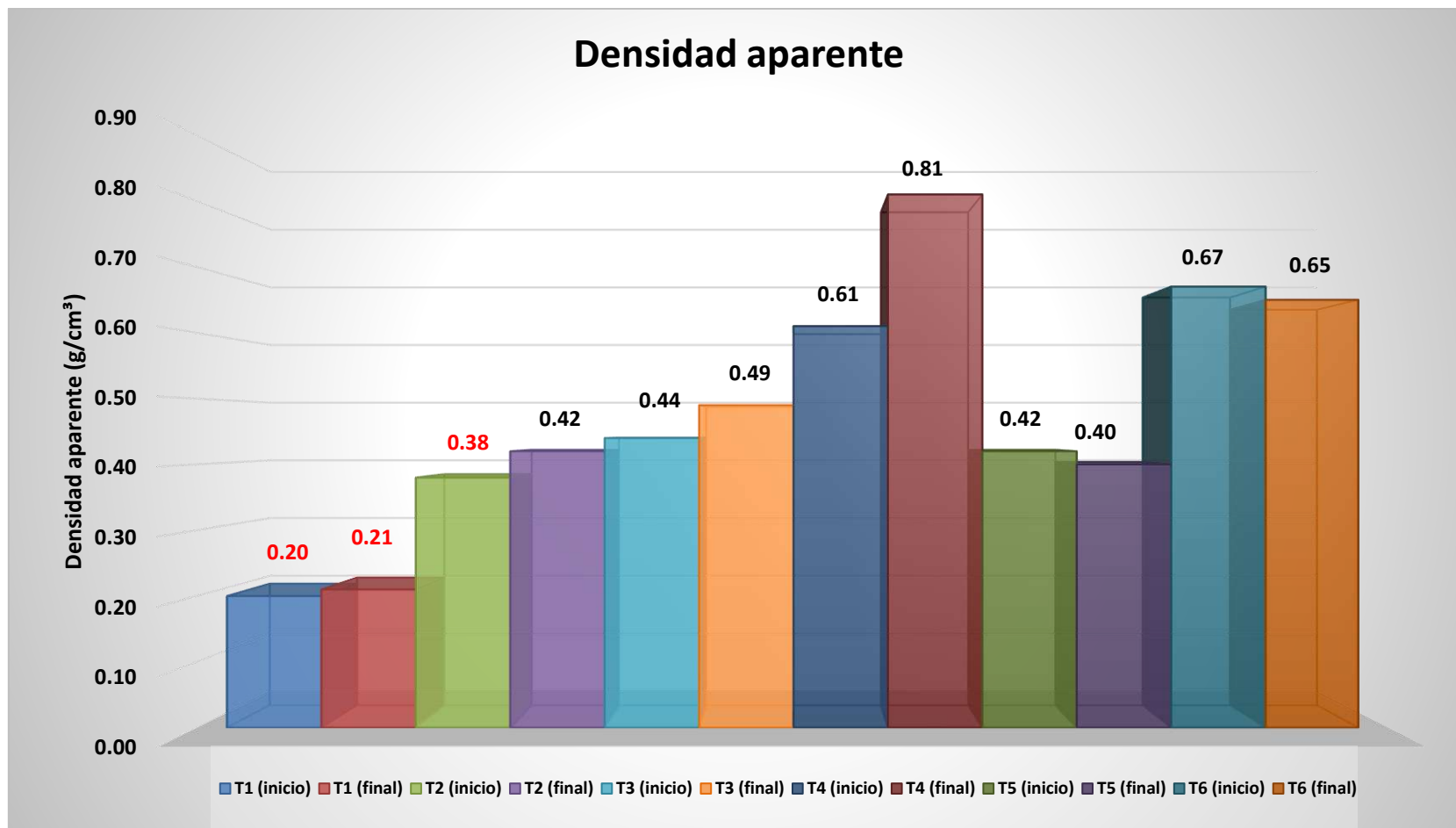
En el cuadro N° 70 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la densidad aparente de las diferentes combinaciones de sustratos en la etapa final del experimento, empleadas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) muestran una diferencia significativa estadística entre sí. Asimismo, entre los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no existe una diferencia estadística significativa, sin embargo estos tres tratamientos también muestran una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos.

Cuadro N° 70: Comparación de medias Tukey para la densidad aparente en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Densidad aparente (g/cm ³)	Significancia
1	T4 (final)	0.81	a
2	T6 (final)	0.65	b
3	T3 (final)	0.49	c
4	T2 (final)	0.42	c
5	T5 (final)	0.40	c
6	T1 (final)	0.21	d

El gráfico N° 34 muestra que en la densidad aparente sí existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, tanto al inicio como al final del experimento.

Gráfico N° 34: Se muestran los resultados obtenidos para la densidad aparente en la etapa inicial y final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.4.2. DENSIDAD REAL

a) Densidad real: etapa inicial del experimento

En el anexo N° 31 se observan los promedios de la densidad real de los tratamientos en la etapa inicial del experimento.

En el cuadro N° 71 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la densidad real en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 71: Análisis de varianza (ANVA) para la densidad real en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	1.86	0.37	53.94	0.0001	*
Error	18	0.12	0.01			
Total	23	1.98				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 5.90 %

En el cuadro N° 72 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la densidad real de las diferentes combinaciones de sustratos en la etapa inicial del experimento, empleadas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) muestra una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos, con excepción del tratamiento T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla),

ya que entre sí, estos dos tratamientos no muestran una diferencia estadística significativa. Asimismo, los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) no presentan una diferencia estadística significativa entre sí. Del mismo modo, entre los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) tampoco existe una diferencia estadísticamente significativa. El tratamiento T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) presenta una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos, con excepción del tratamiento T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), ya que entre sí, estos dos tratamientos no muestran una diferencia estadística significativa. Sin embargo, el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) muestra una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos.

Cuadro N° 72: Comparación de medias Tukey para la densidad real en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Densidad real (g/cm ³)	Significancia
1	T6 (inicio)	1.75	a
2	T4 (inicio)	1.65	a b
3	T3 (inicio)	1.48	b c
4	T5 (inicio)	1.41	c d
5	T2 (inicio)	1.26	d
6	T1 (inicio)	0.89	e

b) Densidad real: etapa final del experimento

En el anexo N° 32 se observan los promedios de la densidad real de los tratamientos en la etapa final del experimento.

En el cuadro N° 73 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la densidad real en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 73: Análisis de varianza (ANVA) para la densidad real en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	3.20	0.64	38.77	0.0001	*
Error	18	0.30	0.02			
Total	23	3.50				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 9.17 %

En el cuadro N° 74 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la densidad real de las diferentes combinaciones de sustratos en la etapa final del experimento, empleadas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) no existe una diferencia significativa estadística, a su vez estos dos tratamientos muestran una diferencia significativa estadística respecto a los demás tratamientos. Asimismo, los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 %

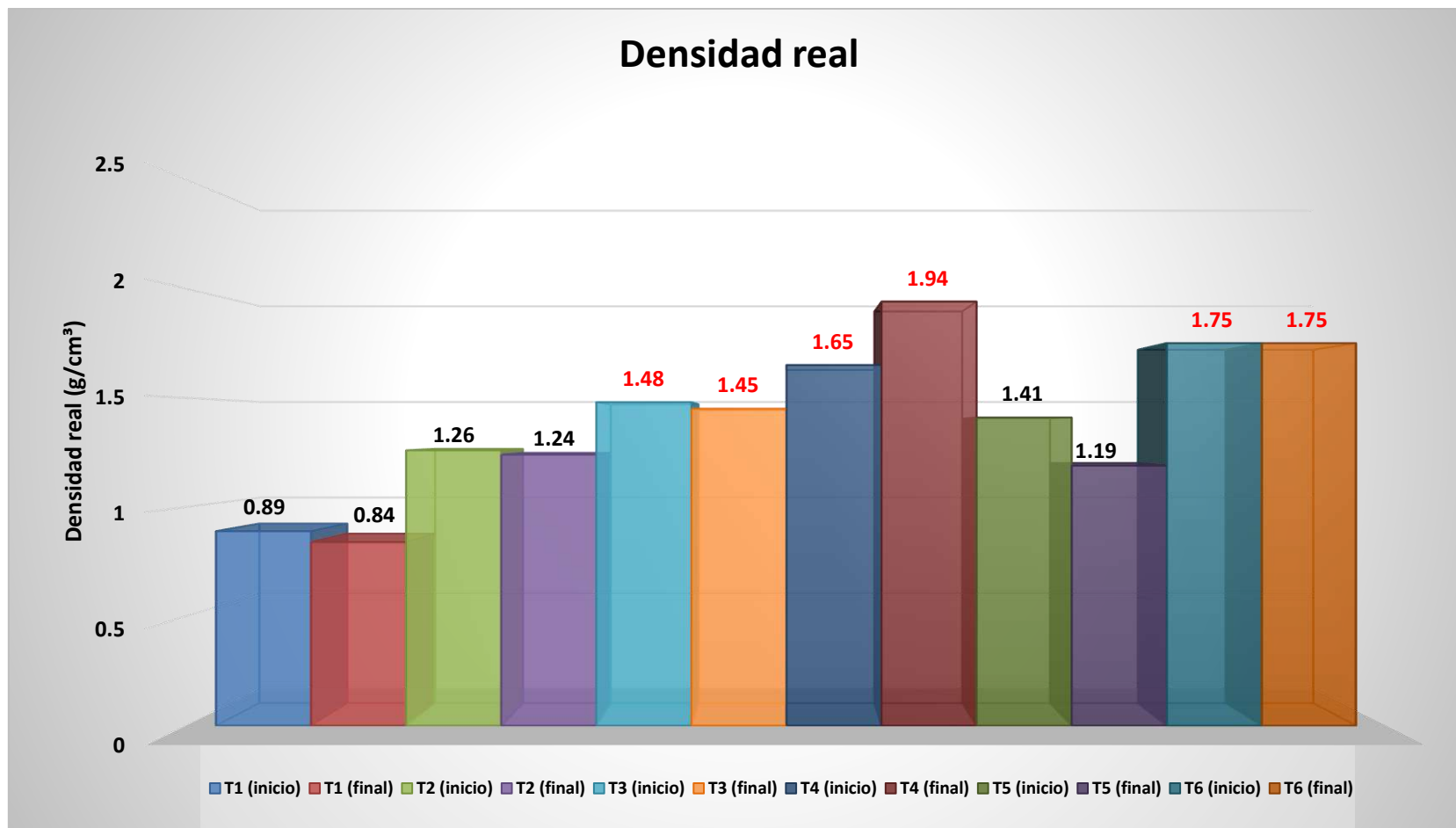
de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no presentan una diferencia significativa estadística entre sí, sin embargo estos tres tratamientos son significativamente diferentes respecto a los demás tratamientos. A la vez, el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) muestra una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos.

Cuadro N° 74: Comparación de medias Tukey para la densidad real en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Densidad real (g/cm ³)	Significancia
1	T4 (final)	1.94	a
2	T6 (final)	1.75	a
3	T3 (final)	1.45	b
4	T2 (final)	1.24	b
5	T5 (final)	1.19	b
6	T1 (final)	0.84	c

El gráfico N° 35 muestra que en la densidad real sí existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, tanto al inicio como al final del experimento.

Gráfico N° 35: Se muestran los resultados obtenidos para la densidad real en la etapa inicial y final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.4.3. POROSIDAD TOTAL

a) Porosidad total: etapa inicial del experimento

En el anexo N° 33 se observan los promedios de la porosidad total de los tratamientos en la etapa inicial del experimento.

En el cuadro N° 75 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la porosidad total en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 75: Análisis de varianza (ANVA) para la porosidad total en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	651.25	130.25	36.53	0.0001	*
Error	18	64.19	3.57			
Total	23	715.44				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 2.75 %

En el cuadro N° 76 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la porosidad total de las diferentes combinaciones de sustratos en la etapa inicial del experimento, empleadas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) muestra una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos. Asimismo, los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T5 (80 %

de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) no presentan una diferencia significativa estadística entre sí, sin embargo estos tres tratamientos son significativamente diferentes respecto a los demás tratamientos. A su vez, entre los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) no existe una diferencia estadística significativa, sin embargo estos dos últimos tratamientos muestran una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos.

Cuadro N° 76: Comparación de medias Tukey para la porosidad total en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Porosidad total (% en volumen)	Significancia
1	T1 (inicio)	77.22	a
2	T3 (inicio)	70.32	b
3	T5 (inicio)	70.15	b
4	T2 (inicio)	69.82	b
5	T4 (inicio)	63.02	c
6	T6 (inicio)	61.49	c

b) Porosidad total: etapa final del experimento

En el anexo N° 34 se observan los promedios de la porosidad total de los tratamientos en la etapa final del experimento.

En el cuadro N° 77 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la porosidad total en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 77: Análisis de varianza (ANVA) para la porosidad total en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	598.74	119.75	17.23	0.0001	*
Error	18	125.09	6.95			
Total	23	723.83				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 4 %

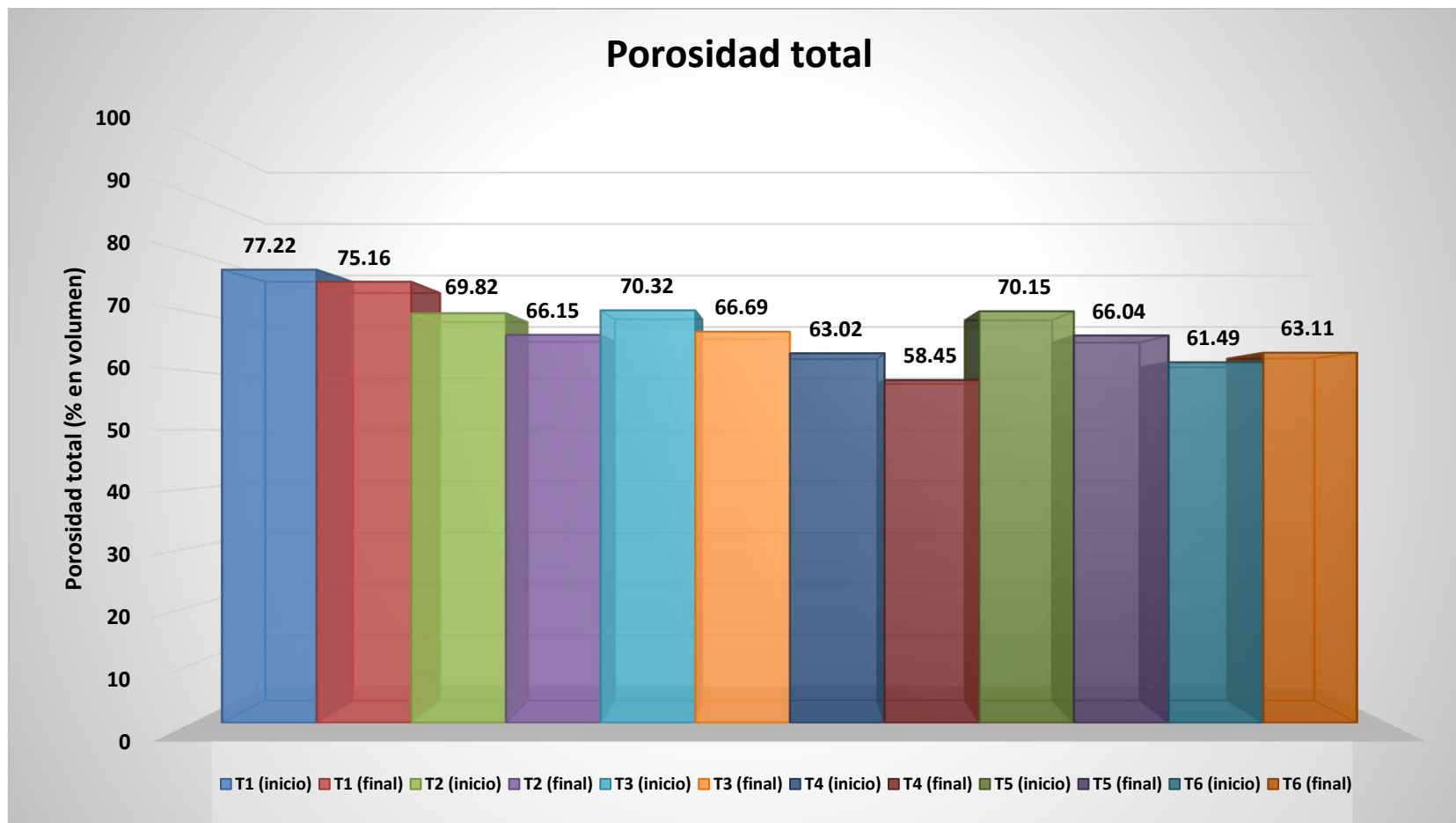
En el cuadro N° 78 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la porosidad total de las diferentes combinaciones de sustratos en la etapa final del experimento, empleadas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) muestra una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos. Asimismo, los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) y T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) no presentan una diferencia significativa estadística entre sí. No obstante, los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) muestran una diferencia estadísticamente significativa respecto a los tratamientos T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla). El tratamiento T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) presenta una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos, con excepción del tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), ya que estos dos últimos tratamientos no muestran una diferencia estadísticamente significativa entre sí.

Cuadro N° 78: Comparación de medias Tukey para la porosidad total en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Porosidad total (% en volumen)	Significancia
1	T1 (final)	75.16	a
2	T3 (final)	66.69	b
3	T2 (final)	66.15	b
4	T5 (final)	66.04	b
5	T6 (final)	63.11	b c
6	T4 (final)	58.45	c

El gráfico N° 36 muestra que en la porosidad total sí existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, tanto al inicio como al final del experimento.

Gráfico N° 36: Se muestran los resultados obtenidos para la porosidad total en la etapa inicial y final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.4.4. POROSIDAD DE AIREACIÓN

a) Porosidad de aireación: etapa inicial del experimento

En el anexo N° 35 se observan los promedios de la porosidad de aireación de los tratamientos en la etapa inicial del experimento.

En el cuadro N° 79 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la porosidad de aireación en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 79: Análisis de varianza (ANVA) para la porosidad de aireación en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	3306.19	661.24	98.63	0.0001	*
Error	18	120.67	6.70			
Total	23	3426.86				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 6 %

En el cuadro N° 80 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la porosidad de aireación de las diferentes combinaciones de sustratos en la etapa inicial del experimento, empleadas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) muestra una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos, con excepción del tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla),

ya que estos dos tratamientos no presentan una diferencia estadística significativa entre sí. A su vez, el tratamiento T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) muestra una diferencia estadística significativa respecto a los demás tratamientos, con excepción del tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), ya que entre estos dos tratamientos no existe una diferencia estadística significativa. Asimismo, los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) no presentan una diferencia estadística significativa entre sí, sin embargo estos dos tratamientos sí muestran una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos. Por último, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) muestra una diferencia estadística significativa respecto a los demás tratamientos.

Cuadro N° 80: Comparación de medias Tukey para la porosidad de aireación en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Porosidad de aireación (% en volumen)	Significancia
1	T1 (inicio)	57.06	a
2	T3 (inicio)	52.97	a b
3	T4 (inicio)	48.22	b
4	T5 (inicio)	41.37	c
5	T2 (inicio)	38.11	c
6	T6 (inicio)	21.19	d

b) Porosidad de aireación: etapa final del experimento

En el anexo N° 36 se observan los promedios de la porosidad de aireación de los tratamientos en la etapa final del experimento.

En el cuadro N° 81 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la porosidad de aireación en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 81: Análisis de varianza (ANVA) para la porosidad de aireación en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	2500.01	500	95.81	0.0001	*
Error	18	93.94	5.22			
Total	23	2593.95				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 5.96 %

En el cuadro N° 82 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la porosidad de aireación de las diferentes combinaciones de sustratos en la etapa final del experimento, empleadas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) muestra una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos. Asimismo, los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) no presentan una diferencia estadística significativa entre sí, sin embargo estos dos tratamientos sí muestran una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos. A su vez, entre los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) no existe una diferencia estadística significativa, sin embargo estos

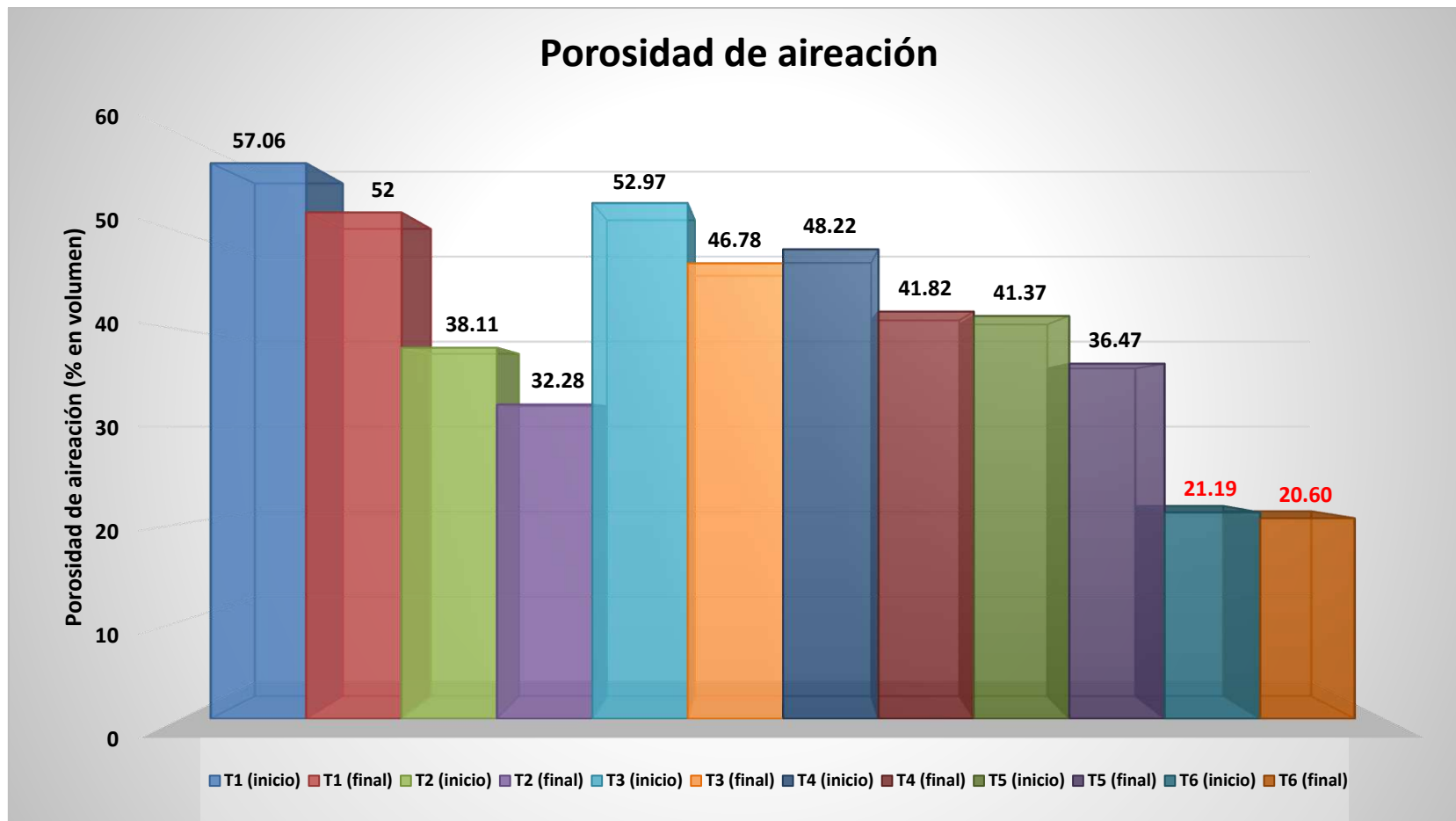
dos tratamientos sí muestran una diferencia estadísticamente significativa comparados con los demás tratamientos. No obstante, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) presenta una diferencia estadística significativa respecto a los demás tratamientos.

Cuadro N° 82: Comparación de medias Tukey para la porosidad de aireación en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Porosidad de aireación (% en volumen)	Significancia
1	T1 (final)	52	a
2	T3 (final)	46.78	b
3	T4 (final)	41.82	b
4	T5 (final)	36.47	c
5	T2 (final)	32.28	c
6	T6 (final)	20.60	d

El gráfico N° 37 muestra que en la porosidad de aireación sí existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, tanto al inicio como al final del experimento.

Gráfico N° 37: Se muestran los resultados obtenidos para la porosidad de aireación en la etapa inicial y final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.4.5. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

a) Capacidad de retención de agua: etapa inicial del experimento

En el anexo N° 37 se observan los promedios de la capacidad de retención de agua de los tratamientos en la etapa inicial del experimento.

En el cuadro N° 83 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la capacidad de retención de agua en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 83: Análisis de varianza (ANVA) para la capacidad de retención de agua en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	1911.63	382.33	114.98	0.0001	*
Error	18	59.86	3.33			
Total	23	1971.49				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 7.15 %

En el cuadro N° 84 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la capacidad de retención de agua de las diferentes combinaciones de sustratos en la etapa inicial del experimento, empleadas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) muestra una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos. Asimismo, los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra

pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no presentan una diferencia estadística significativa entre sí, sin embargo estos dos tratamientos sí muestran una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos. Se puede apreciar que, el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) muestra una diferencia estadística significativa respecto a los demás tratamientos, con excepción del tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), ya que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre estos dos tratamientos. De la misma manera, el tratamiento T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) muestra una diferencia estadística significativa respecto a los demás tratamientos, con excepción del tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), ya que estos dos tratamientos no presentan una diferencia estadística significativa entre sí.

Cuadro N° 84: Comparación de medias Tukey para la capacidad de retención de agua en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Capacidad de retención de agua (% en volumen)	Significancia
1	T6 (inicio)	40.30	a
2	T2 (inicio)	31.70	b
3	T5 (inicio)	28.79	b
4	T1 (inicio)	20.16	c
5	T3 (inicio)	17.34	c d
6	T4 (inicio)	14.80	d

b) Capacidad de retención de agua: etapa final del experimento

En el anexo N° 38 se observan los promedios de la capacidad de retención de agua de los tratamientos en la etapa final del experimento.

En el cuadro N° 85 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la capacidad de retención de agua en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 85: Análisis de varianza (ANVA) para la capacidad de retención de agua en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	1860.61	372.12	81.75	0.0001	*
Error	18	81.93	4.55			
Total	23	1942.54				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 7.73 %

En el cuadro N° 86 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la capacidad de retención de agua de las diferentes combinaciones de sustratos en la etapa final del experimento, empleadas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) muestra una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos. Asimismo, los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no presentan una diferencia estadística significativa entre sí, sin embargo estos dos tratamientos sí muestran una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos. A la vez, el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) muestra una diferencia estadísticamente significativa comparado con los demás tratamientos, con

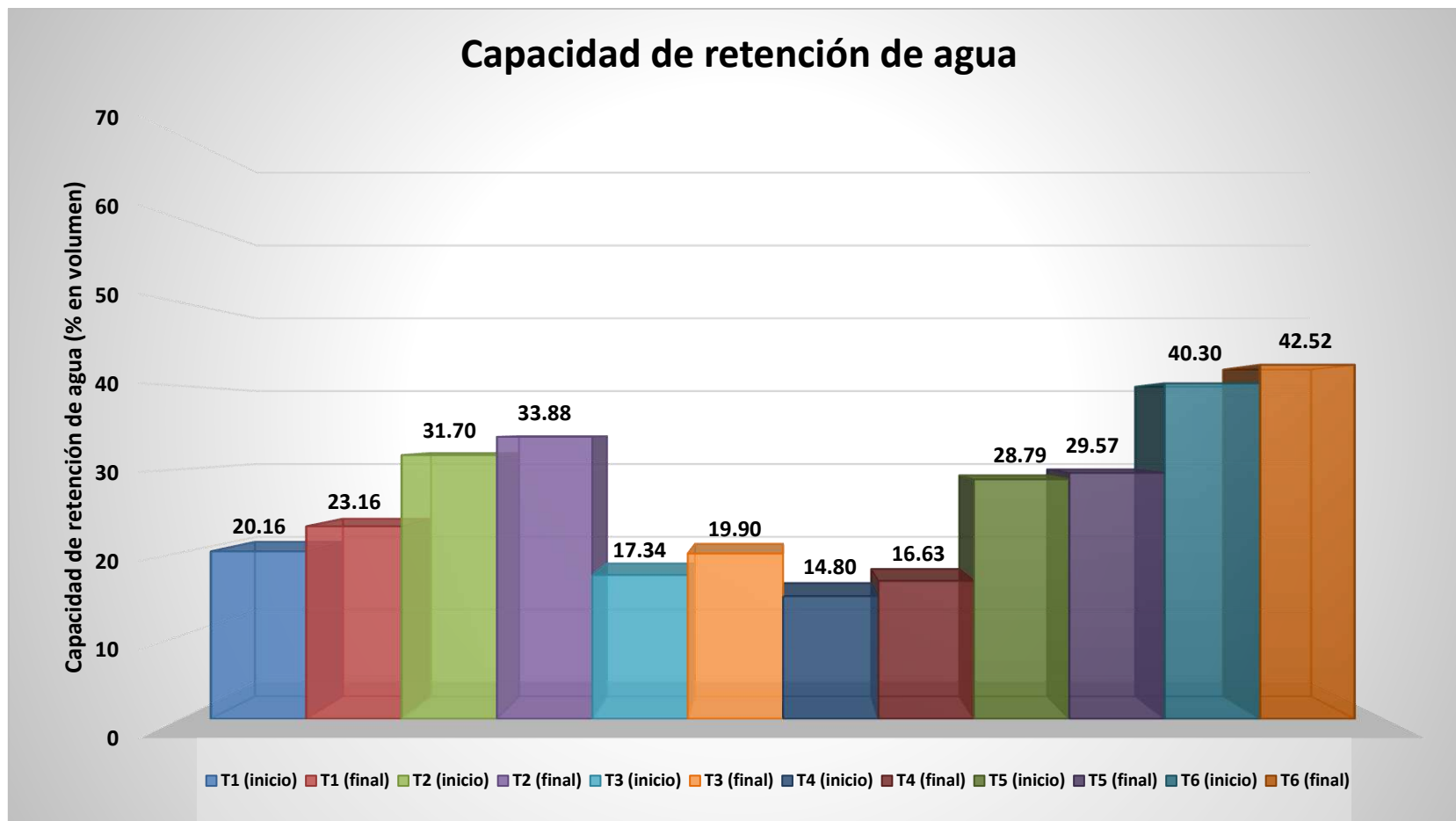
excepción del tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), ya que entre estos dos tratamientos no existe una diferencia estadística significativa. De la misma manera, el tratamiento T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) presenta una diferencia estadística significativa respecto a los demás tratamientos, con excepción del tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), ya que estos dos tratamientos no muestran una diferencia estadística significativa entre sí.

Cuadro N° 86: Comparación de medias Tukey para la capacidad de retención de agua en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Capacidad de retención de agua (% en volumen)	Significancia
1	T6 (final)	42.52	a
2	T2 (final)	33.88	b
3	T5 (final)	29.57	b
4	T1 (final)	23.16	c
5	T3 (final)	19.90	c d
6	T4 (final)	16.63	d

El gráfico N° 38 muestra que en la capacidad de retención de agua sí existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, tanto al inicio como al final del experimento.

Gráfico N° 38: Se muestran los resultados obtenidos para la capacidad de retención de agua en la etapa inicial y final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.4.6. POTENCIAL DE HIDRÓGENO

a) Potencial de hidrógeno: etapa inicial del experimento

En el anexo N° 39 se observan los promedios del potencial de hidrógeno de los tratamientos en la etapa inicial del experimento.

En el cuadro N° 87 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el potencial de hidrógeno en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 87: Análisis de varianza (ANVA) para el potencial de hidrógeno en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	0.06	0.01	2.94	0.0410	*
Error	18	0.08	0.0042			
Total	23	0.14				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 1.02 %

En el cuadro N° 88 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el potencial de hidrógeno de las diferentes combinaciones de sustratos en la etapa inicial del experimento, empleadas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) no existe diferencia significativa

estadística. A su vez, tampoco existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez). Sin embargo, los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) presentan una diferencia estadística significativa entre sí.

Cuadro N° 88: Comparación de medias Tukey para el potencial de hidrógeno en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	pH (extracto de saturación)	Significancia
1	T6 (inicio)	6.40	a
2	T5 (inicio)	6.38	a b
3	T2 (inicio)	6.37	a b
4	T3 (inicio)	6.35	a b
5	T4 (inicio)	6.32	a b
6	T1 (inicio)	6.24	b

b) Potencial de hidrógeno: etapa final del experimento

En el anexo N° 40 se observan los promedios del potencial de hidrógeno de los tratamientos en la etapa final del experimento.

En el cuadro N° 89 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el potencial de hidrógeno en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 89: Análisis de varianza (ANVA) para el potencial de hidrógeno en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	0.15	0.03	12.25	0.0001	*
Error	18	0.05	0.0025			
Total	23	0.20				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 0.82 %

En el cuadro N° 90 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para el potencial de hidrógeno de las diferentes combinaciones de sustratos en la etapa final del experimento, empleadas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) no existe una diferencia estadística significativa. Sin embargo, los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) presentan una diferencia estadística significativa respecto a los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez). Asimismo, los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) no muestran una diferencia estadística significativa entre sí. Finalmente, el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) presenta una diferencia significativa estadística respecto a los demás tratamientos, con excepción del tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y

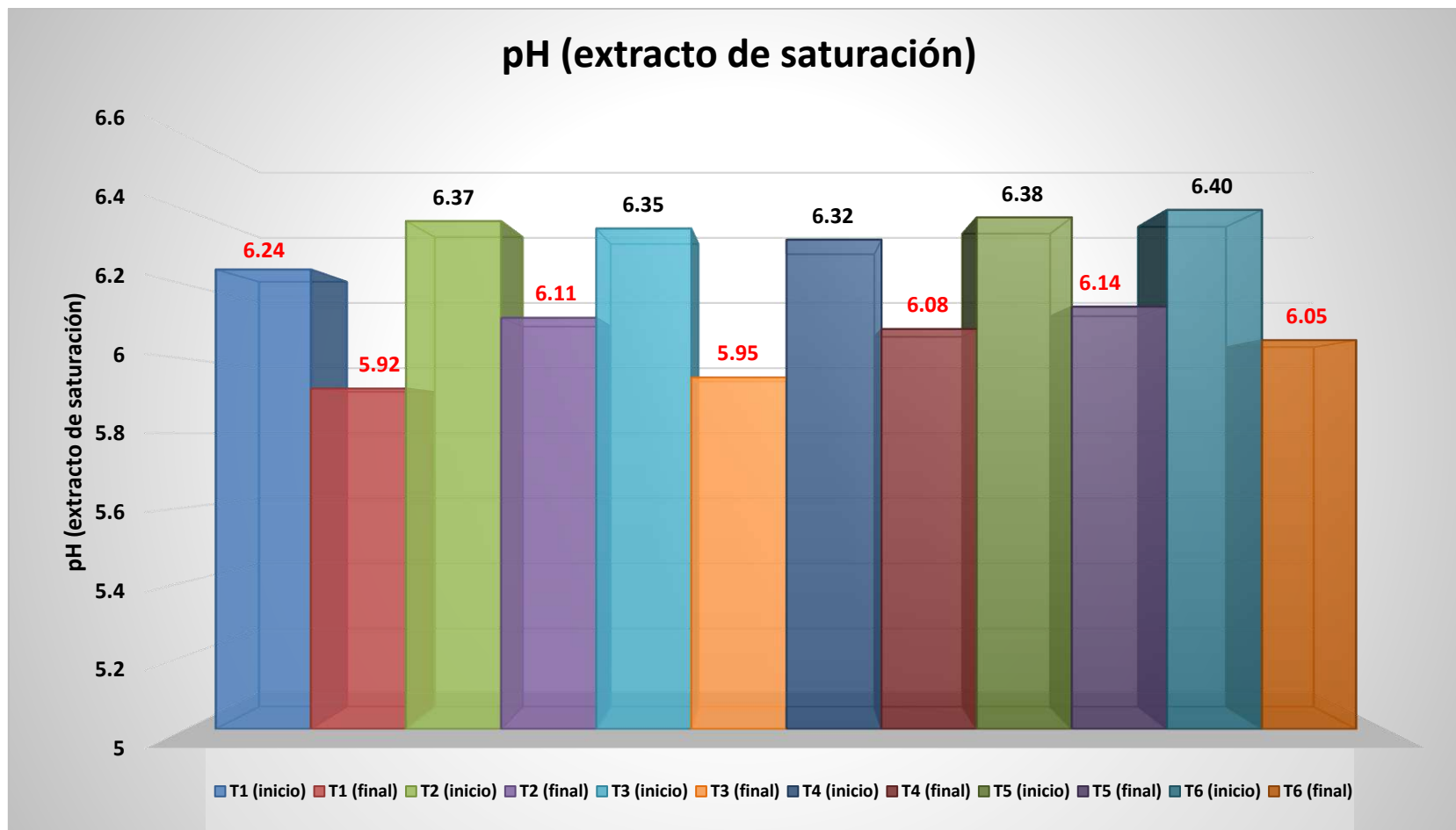
20 % de gravilla), ya que entre estos dos tratamientos no existe una diferencia estadística significativa.

Cuadro N° 90: Comparación de medias Tukey para el potencial de hidrógeno en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	pH (extracto de saturación)	Significancia
1	T5 (final)	6.14	a
2	T2 (final)	6.11	a
3	T4 (final)	6.08	a
4	T6 (final)	6.05	a b
5	T3 (final)	5.95	b c
6	T1 (final)	5.92	c

El gráfico N° 39 muestra que en el potencial de hidrógeno sí existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, tanto al inicio como al final del experimento.

Gráfico N° 39: Se muestran los resultados obtenidos para el potencial de hidrógeno en la etapa inicial y final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



4.4.7. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

a) Conductividad eléctrica: etapa inicial del experimento

En el anexo N° 41 se observan los promedios de la conductividad eléctrica de los tratamientos en la etapa inicial del experimento.

En el cuadro N° 91 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la conductividad eléctrica en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 91: Análisis de varianza (ANVA) para la conductividad eléctrica en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	0.04	0.01	3.12	0.0337	*
Error	18	0.04	0.0025			
Total	23	0.08				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 4.46 %

En el cuadro N° 92 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la conductividad eléctrica de las diferentes combinaciones de sustratos en la etapa inicial del experimento, empleadas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) no existe

diferencia significativa estadística. A su vez, tampoco existe diferencia significativa estadística entre los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina). Sin embargo, los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) presentan una diferencia estadística significativa entre sí.

Cuadro N° 92: Comparación de medias Tukey para la conductividad eléctrica en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Conductividad eléctrica (extracto de saturación, dS/m)	Significancia
1	T2 (inicio)	1.19	a
2	T6 (inicio)	1.14	a b
3	T1 (inicio)	1.14	a b
4	T4 (inicio)	1.13	a b
5	T3 (inicio)	1.11	a b
6	T5 (inicio)	1.05	b

b) Conductividad eléctrica: etapa final del experimento

En el anexo N° 42 se observan los promedios de la conductividad eléctrica de los tratamientos en la etapa final del experimento.

En el cuadro N° 93 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la conductividad eléctrica en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, para un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro N° 93: Análisis de varianza (ANVA) para la conductividad eléctrica en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	p-valor	Sig.
Tratamientos	5	0.28	0.06	9.60	0.0001	*
Error	18	0.10	0.01			
Total	23	0.38				

N. S. = No significativo

***= Significativo**

C. V. = 7.99 %

En el cuadro N° 94 se muestra el análisis de comparación de medias de Tukey para la conductividad eléctrica de las diferentes combinaciones de sustratos en la etapa final del experimento, empleadas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa. Se puede observar que, entre los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) no existe una diferencia estadísticamente significativa. Sin embargo, el tratamiento T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) sí presenta una diferencia estadística significativa respecto a los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina). Asimismo, los tratamientos T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) no presentan una diferencia estadística significativa entre sí. Lo mismo sucede con los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) ya que no muestran una diferencia estadística significativa entre sí. Igualmente, los tratamientos T6 (60 % de

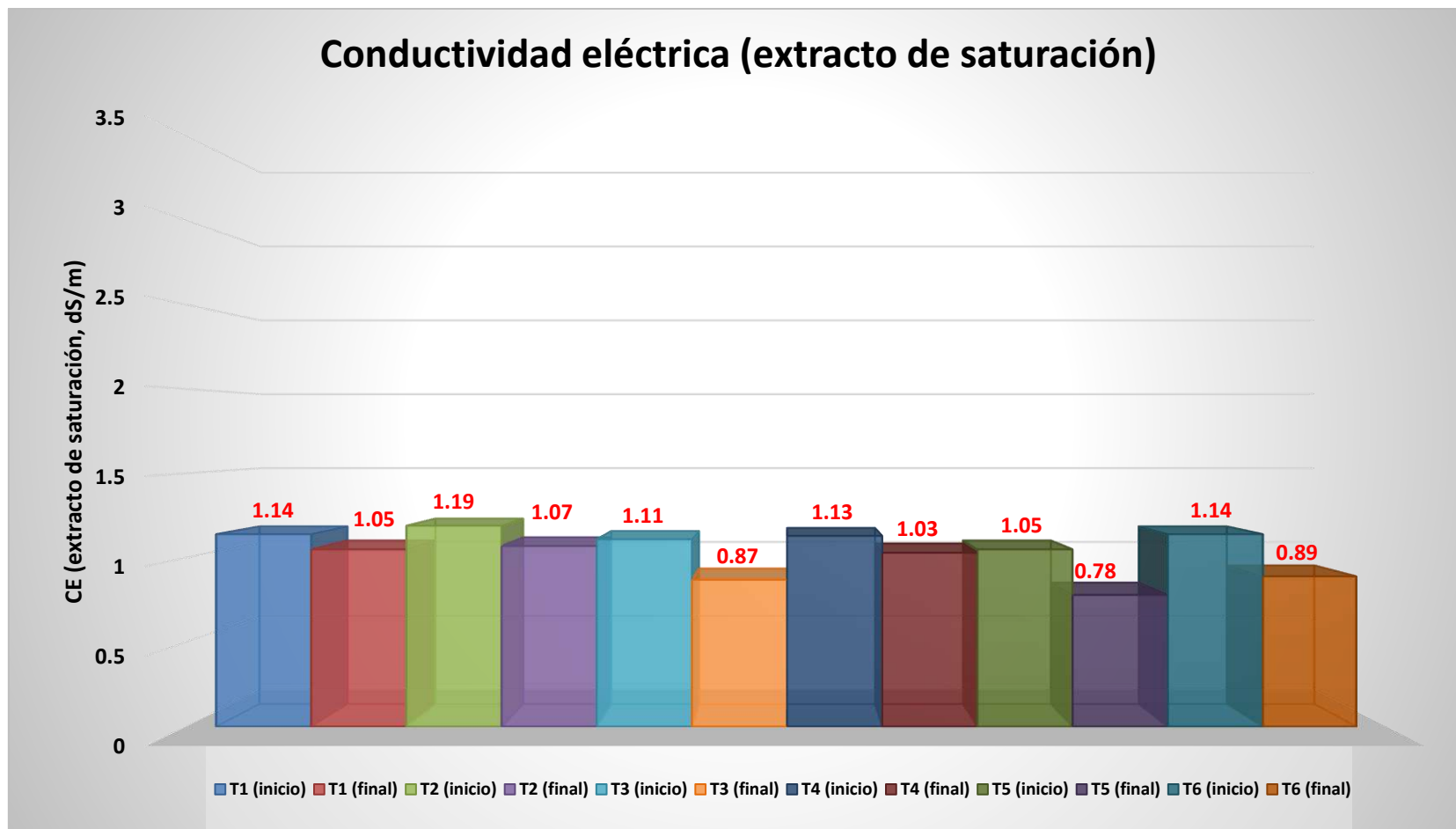
cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) no presentan una diferencia estadística significativa entre sí. No obstante, el tratamiento T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) presenta una diferencia estadística significativa respecto a los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla).

Cuadro N° 94: Comparación de medias Tukey para la conductividad eléctrica en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Orden	Tratamientos	Conductividad eléctrica (extracto de saturación, dS/m)	Significancia
1	T2 (final)	1.07	a
2	T1 (final)	1.05	a b
3	T4 (final)	1.03	a b c
4	T6 (final)	0.89	b c d
5	T3 (final)	0.87	c d
6	T5 (final)	0.78	d

El gráfico N° 40 muestra que, en la conductividad eléctrica sí existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, tanto al inicio como al final del experimento.

Gráfico N° 40: Se muestran los resultados obtenidos para la conductividad eléctrica en la etapa inicial y final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.



Cuadro N° 95: Resumen de las evaluaciones realizadas en las propiedades físicas y químicas, llevadas a cabo al inicio y al final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa.

Propiedad	Densidad aparente (g/cm ³)	Densidad real (g/cm ³)	Porosidad total (% en volumen)	Porosidad de aireación (% en volumen)	Capacidad de retención de agua a 10 cm de c. a. (% en volumen)	pH (extracto de saturación)	CE (extracto de saturación, dS/m)
Niveles óptimos (Ansorena Miner 1994).	< 0.40	1.45-2.65	> 85	10-30	55-70	5.2-6.3	0.75-3.49
T1 (inicio)	0.20 e	0.89 e	77.22 a	57.06 a	20.16 c	6.24 b	1.14 ab
T1 (final)	0.21 d	0.84 c	75.16 a	52 a	23.16 c	5.92 c	1.05 ab
T2 (inicio)	0.38 d	1.26 d	69.82 b	38.11 c	31.70 b	6.37 ab	1.19 a
T2 (final)	0.42 c	1.24 b	66.15 b	32.28 c	33.88 b	6.11 a	1.07 a
T3 (inicio)	0.44 c	1.48 bc	70.32 b	52.97 ab	17.34 cd	6.35 ab	1.11 ab
T3 (final)	0.49 c	1.45 b	66.69 b	46.78 b	19.90 cd	5.95 bc	0.87 cd
T4 (inicio)	0.61 b	1.65 ab	63.02 c	48.22 b	14.80 d	6.32 ab	1.13 ab
T4 (final)	0.81 a	1.94 a	58.45 c	41.82 b	16.63 d	6.08 a	1.03 abc
T5 (inicio)	0.42 c	1.41 cd	70.15 b	41.37 c	28.79 b	6.38 ab	1.05 b
T5 (final)	0.40 c	1.19 b	66.04 b	36.47 c	29.57 b	6.14 a	0.78 d
T6 (inicio)	0.67 a	1.75 a	61.49 c	21.19 d	40.30 a	6.40 a	1.14 ab
T6 (final)	0.65 b	1.75 a	63.11 bc	20.60 d	42.52 a	6.05 ab	0.89 bcd

CAPÍTULO V

5. DISCUSIÓN

5.1. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE PLANTAS A LOS 15 DÍAS Y 30 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

Pymerural (c2011) señala que, se debe trasplantar plantas de tamaño uniforme para que el crecimiento de las mismas sea similar, dando como resultado una cosecha más homogénea en cuanto a estándares de calidad. Lo señalado por este autor se consideró en la selección de plantas, por ello, las plantas que fueron empleadas para el trasplante presentaron tres hojas verdaderas y un tamaño medio de 20 cm.

A los 15 días después del trasplante, como se puede apreciar en los resultados, el porcentaje de prendimiento no muestra una diferencia estadística significativa entre los tratamientos, sin embargo, a los 30 días después del trasplante los tratamientos mostraron una diferencia significativa entre sí; el mejor resultado se obtuvo con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con 96.16 % de plantines prendidos, teniendo en cuenta que en cada unidad experimental se trasplantó 28 plantas, este resultado del presente estudio es ligeramente superior al obtenido por Moscoso Gutiérrez (2011), ya que en su trabajo realizado en mangas verticales hidropónicas, donde utilizó diferentes sustratos para el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Oso grande, en la última evaluación de prendimiento, el valor más alto lo obtuvo con el tratamiento de 75 % de piedra pómez y 25 % de humus, puesto que fue de 95.56 % (17.20 plantas prendidas).

Las plantas del tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), fueron capaces de reiniciar su crecimiento sin mayores problemas, gracias a las condiciones ofrecidas por el sustrato, como la retención de humedad y aireación adecuada, ya que de acuerdo con Barreda, citado por Moscoso Gutiérrez (2011) se deben utilizar sustratos que además de una buena capacidad de retención de agua,

también deben presentar niveles óptimos de porosidad de aire, con el fin de garantizar el buen prendimiento. De acuerdo con Ansorena Miner (1994) la porosidad de aireación de este tratamiento que obtuvo el mejor resultado, se encontraba dentro de los niveles óptimos (10-30 % en volumen) tanto al inicio como al final del experimento. Las propiedades físicas se pueden apreciar en el Cuadro N° 95. A pesar que la retención de humedad de este tratamiento no se encontraba dentro de los niveles óptimos, obtuvo el valor más alto en dicha propiedad física, esta combinación de sustratos al igual que las demás, fueron regadas de manera frecuente y ligera, considerando las necesidades de cada una de ellas; este tratamiento que obtuvo el porcentaje de prendimiento más alto, también fue capaz de desarrollar las raíces más largas y el mayor peso fresco de raíz, ya que, según Rodríguez Laguna (2010) aquellas plantas que son capaces de desarrollar un sistema radical bastante amplio, garantiza una alta supervivencia en el campo.

La mayor tasa de mortalidad de plantas, es decir el bajo porcentaje de prendimiento a los 30 días después del trasplante, se dio con el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) que obtuvo un valor de 75 %, esto se debe a las malas condiciones ofrecidas por el sustrato para el desarrollo de las plantas, aquellas que fueron capaces de sobrevivir mostraron raíces más cortas de lo habitual y uno de los valores de peso fresco de raíz más bajos, hay que considerar que el alto porcentaje de cascarilla de arroz utilizado en este tratamiento probablemente fue el principal motivo por el cual hubo una mayor tasa de mortalidad, ya que en la zona de raíces no hubo la cantidad de agua suficiente para que la planta pueda satisfacer sus necesidades, de acuerdo con Sánchez, citado por Quishpe Gordón (2013), la cascarilla de arroz utilizada como material nuevo, a pesar de su alta aireación y buen drenaje, dificulta la absorción de agua y nutrientes requeridos por la planta, por su baja capacidad de retención de humedad, esto influye en el prendimiento, por ello la tasa de mortalidad inicial es alta.

5.2. PESO FRESCO Y PESO SECO DE HOJAS

Según López Pérez et al. (2005) y Álvarez Herrera et al. (2007), el sustrato, ya sea puro o combinado, influye sobre el peso fresco y seco de la planta.

Considerando lo dicho por los diferentes autores en el párrafo anterior, tanto el peso fresco como el peso seco de hojas expresados en gramos, muestran en los resultados que hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos, se puede apreciar también que se dio un efecto positivo en estos dos parámetros con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), ya que obtuvo el promedio más alto tanto en $PF=24.24$ como en $PS=6.69$, seguido del tratamiento T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) con un $PF=18.53$ y $PS=5.53$, ambos tratamientos que obtuvieron los más altos valores, son inferiores a los resultados obtenidos por Castillejo Álvarez (2011), en su trabajo realizado con aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Albión en recipientes de plástico bajo invernadero, evaluó diferentes parámetros, dentro de los cuales determinó el PF y PS de hojas expresados en gramos, los resultados para estos parámetros con la fertilización nitrogenada al 100 % fueron de 26.60 y 8.20 respectivamente.

Los dos tratamientos del presente trabajo que obtuvieron los más altos promedios de PS respecto a los demás, posiblemente sea porque tuvieron una mayor capacidad para absorber los nutrimentos, de acuerdo con Molina et al. (1993), cuando hay una mayor acumulación de peso seco en el cultivo de fresa, es porque hubo una mayor absorción de nutrientes.

También se puede apreciar en los resultados que, en los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) con un $PF=14.37$ y $PS=3.92$, T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) $PF=11.87$ y $PS=3.19$, T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) $PF=10.53$ y $PS=2.91$ y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) $PF=10.35$ y $PS=3$, se dio un efecto negativo en ambos parámetros, probablemente pudo deberse a la menor capacidad de

retención de agua de los mismos y mayor contenido de aire en sus poros, López, citado por Medina-Bolívar et al. (2016), señala que cuando examinó diferentes combinaciones de sustratos orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de fresa cv. Camarosa, determinó que la porosidad total, porosidad de aireación y capacidad de retención de agua del medio de cultivo están estrechamente relacionadas al crecimiento vegetativo.

De Boedt y De Waele, citados por Terés Terés (2001), indican que cuando la capacidad de retención de agua en el sustrato es baja, el cultivo se ve obligado a realizar un mayor esfuerzo para extraer el agua retenida en los poros, lo que se traduce en un mayor gasto de energía que podría utilizar la planta para la producción de fitomasa seca.

Bunt, citado por Terés Terés (2001), señala que algunos sustratos de origen orgánico presentan problemas para humedecerse inicialmente y también para ser rehumedecidos cuando estos ya se han secado en el contenedor, por ello las plantas pueden presentar problemas de crecimiento. De acuerdo con este autor, la cascarilla de arroz tuvo problemas para humedecerse, sin embargo se pudo apreciar en aquellos sustratos que fueron combinados con cascarilla de arroz y gravilla (homogeneidad de macroporos), que la porción del sustrato que se encontraba en la parte superior del contenedor se secaba rápidamente y en el siguiente riego tuvo problemas para humedecerse, las plantas que se hallaban en esta zona tuvieron un crecimiento y desarrollo muy limitado, incidiendo de manera negativa en el peso fresco y seco de estas. Según Gutiérrez-Castorena et al. (2011), aquellas combinaciones de sustratos que presentan poros homogéneos, limitan el crecimiento de plantas, ya sea por una excesiva pérdida de agua o excesiva retención de humedad.

5.3. PESO FRESCO Y PESO SECO DE RAÍZ

Tanto en el peso fresco como en el peso seco de raíz expresados en gramos, se puede apreciar en los resultados que los tratamientos de ambos parámetros mostraron una diferencia estadística significativa entre sí, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) obtuvo los promedios más altos, ya que presentó una diferencia marcada sobre los demás tratamientos, el PF de 19.93 y el PS fue de 8.04, solamente este tratamiento del presente trabajo es superior al resultado obtenido por Castillejo Álvarez (2011), en su investigación realizada con aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Albión en recipientes de plástico bajo invernadero, evaluó diferentes parámetros, dentro de los cuales determinó el PF y PS de raíz, los resultados de estos parámetros para la fertilización nitrogenada al 50 % fueron de 16.90 g y 5.30 g respectivamente.

Calderón Zaragoza (2005) señala que, cuando se cultiva plantas en recipientes, debido al crecimiento limitado de raíces, deben emplearse sustratos que brinden una disponibilidad de nutrientes necesarios, buena capacidad de retención de agua y niveles óptimos de porosidad de aire, con el fin de que la planta desarrolle una buena cantidad de raíces en espacios reducidos. Teniendo en cuenta lo mencionado por este autor, la combinación del sustrato del tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) brindó las mejores condiciones para obtener los promedios más altos de PF y PS de raíz, ya que en cuanto a su capacidad de retención de agua, si bien es cierto, los valores (inicio y final del experimento) no se encontraban dentro de los niveles óptimos, a pesar de ello, obtuvo el valor más alto si se le compara con los demás tratamientos, los riegos se realizaron de manera frecuente y ligera de acuerdo a las necesidades de cada tratamiento, sin embargo, de acuerdo con Ansorena Miner (1994) la porosidad de aire sí se encontraba dentro de los niveles óptimos (10-30 % en volumen). Ambas propiedades físicas se pueden ver en el Cuadro N° 95. De acuerdo con Terés Terés (2001), las raíces al ser

órganos aerobios deben recibir la suficiente cantidad de oxígeno, por medio de los macroporos del sustrato para que funcionen correctamente.

López Acosta et al. (2008) indican que, el mayor peso seco de la raíz está asociado a la mayor cantidad, longitud y peso fresco de la misma, lo cual se debe a una mejor absorción de nutrientes por parte del sistema radical, con el fin de beneficiar a la parte aérea de la planta.

González Fuentes et al. (2016) mencionan que, el mayor peso seco de raíz se produjo cuando la porosidad de aireación del sustrato fue de 19.50 %, el PS de raíz obtuvo un valor de 4.12 g, siendo un porcentaje de aireación ideal para el cultivo de fresas en contenedor, en aquel trabajo las raíces se desarrollaron bien en rangos de 13 % y 25 %. Teniendo en cuenta lo señalado por estos autores, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), como ya se mencionó en los párrafos anteriores, obtuvo los mayores promedios de peso fresco y seco de raíz, y esto se debe a la porosidad de aireación óptima, 21.19 % al inicio y 20.60 % al finalizar el experimento, los poros heterogéneos de este tratamiento, brindaron un ambiente óptimo para la obtención de los valores más altos de estos dos parámetros, ya que Landis, citado por Gutiérrez-Castorena et al. (2011), señala que los poros heterogéneos crean condiciones óptimas para el adecuado desarrollo radicular, debido a la combinación de poros de almacenamiento y percolación. Por ello, los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) presentaron valores bajos de peso fresco y peso seco de raíz, debido a la homogeneidad de sus poros, y el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) obtuvo un valor bajo, debido a la cantidad insuficiente de piedra pómez y exceso de cascarilla de arroz en el contenedor, que se vio reflejado en un porcentaje elevado de macroporos.

5.4. LONGITUD DE RAÍZ

En este parámetro, los promedios de los diferentes tratamientos mostraron una diferencia estadística significativa entre sí, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) obtuvo las raíces más largas, con un valor de 29.09 cm, coincidentemente también presentó los valores más altos de peso fresco y seco de raíz. Ordoñez et al. (2012), mencionan que un mayor peso seco de raíz está ligado a una mayor longitud, número y peso fresco de la misma, por ello hay una mejor absorción por parte del sistema radical, en beneficio de la parte aérea de la planta. De acuerdo con Pire y Pereira (2003), los sustratos utilizados para la producción de plantas en contenedor, deben proporcionar además del soporte físico, una buena aireación, contenido de humedad y nutrientes necesarios para el buen funcionamiento de raíces. Vargas, citado por Pymerrural (c2011) indica que, cuando las raíces que se encuentran en contacto con el sustrato, son más largas, el consumo de nutrientes será mayor, lo que beneficiará el crecimiento y desarrollo de otras estructuras como área foliar, número de hojas y diámetro del tallo.

González Fuentes et al. (2016) señalan que, en su experimento en el cultivo de fresa, el crecimiento de las raíces depende de las propiedades físicas del sustrato, principalmente de los porcentajes de porosidad de aireación del mismo, aquellos sustratos que mostraron valores de porosidad de aireación entre 13 % y 25 % dieron lugar a raíces de mayor tamaño, el mayor crecimiento de raíz se dio cuando el valor fue de 19.50 %, valores por encima del 25 %, el crecimiento de raíces se vio afectado. Considerando lo señalado por estos autores, solamente la porosidad de aireación del tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) se encontraba dentro de este rango, tanto al inicio con 21.19 % como al finalizar el experimento con 20.60 %, lo cual se vio reflejado en una mayor longitud de raíz, a diferencia de los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) con una longitud de 16.74 cm, y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) con una longitud de 12.77 cm, las plantas que se encontraban en la parte alta del recipiente de estos dos tratamientos que contenían gravilla, presentaron raíces de

menor tamaño comparadas con las de la parte inferior del mismo. Según Raviv et al. (2002), en los sustratos de partículas gruesas, los macroporos que se encuentran en la parte superior del contenedor, tienden a drenar con facilidad, por ello el paso del agua hacia la zona de raíces se dificulta.

Todos los resultados del presente trabajo son inferiores al conseguido por Caso Ramos (2001), ya que en su investigación realizada en mangas verticales hidropónicas en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Chandler, el tratamiento con cascarilla de arroz como medio de cultivo, obtuvo una longitud de raíz de 35.75 cm.

5.5. ÁREA FOLIAR

En los resultados se puede apreciar que en este parámetro los tratamientos mostraron una diferencia estadística significativa entre sí, los promedios más altos los obtuvieron los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con 649.50 cm² y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) con 561 cm², sin embargo ambos resultados del presente trabajo son inferiores al obtenido por Caso Ramos (2001), ya que en su trabajo realizado en mangas verticales hidropónicas en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Chandler, el sustrato de piedra pómez obtuvo un área foliar de 920.52 cm² cuando evaluó a los 270 días, hay que tener en cuenta que este autor determinó este parámetro a lo largo de todo el ciclo del cultivo, sin embargo, la mayor área foliar en todos sus tratamientos se pudo apreciar en la fase final de su experimento. Jara Peña (1999) menciona que, el desarrollo de flores a frutos, estimula a un mayor desarrollo de la parte vegetativa, por ello, hay una mayor área foliar durante la etapa reproductiva y productiva. Considerando lo señalado por ambos autores, se determinó el área foliar en la etapa final del experimento.

Los promedios más altos mostrados por los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) tienen un efecto positivo para el proceso fotosintético, ya que Fraile-

Robayo et al. (2012) señalan que, a mayor área foliar, mayor es la captación de energía lumínica y fotoasimilados, fundamental para la fotosíntesis.

Estos dos tratamientos que obtuvieron los valores más altos comparados con los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) se debe probablemente a la facilidad de ciertas plantas de adecuarse a un determinado sustrato, ya que Cárdenas et al., citados por Baracaldo et al. (2010), señalan que los distintos promedios de área foliar en el cultivo de clavel, se deben a la capacidad de adaptación de la planta a las condiciones ofrecidas por el sustrato, como la disponibilidad de nutrientes, y que deben mejorar a lo largo del tiempo.

Los tratamientos que obtuvieron los mejores resultados en este parámetro, también consiguieron los mejores rendimientos y frutos con mejores características, ya que Vázquez Gálvez et al. (2000) señalan que, el área foliar está asociado al rendimiento y calidad del fruto en el cultivo de fresa, ya que en su experimento, los dos tratamientos que obtuvieron la mayor área foliar, consiguieron un mayor número y peso de frutos, en consecuencia un mejor rendimiento.

Las plantas que se encontraban en la parte superior del contenedor en los tratamientos que contenían gravilla presentaban hojas con una menor área foliar que las plantas de la parte media e inferior de la misma manga plástica, esto se debe a que el sustrato que se ubicaba en la parte superior del contenedor no fue capaz de retener adecuadamente el agua, lo que se ve traducido en una mayor fuerza de succión, ya que la tensión es mayor, este gasto excesivo de energía debió ser utilizado por la planta para producir hojas de buen tamaño y posteriormente mayores rendimientos, lo cual no fue así. De Boodt y De Waele, citados por Terés Terés (2001), indican que el gasto de energía por parte de la planta para la absorción de agua debe ser mínimo, al mismo tiempo la disponibilidad de aire debe ser suficiente en los poros de la zona radicular. Marfà i Pagés (1995) señala que, en lechuga obtuvo un valor menor de área foliar, -28.56 % con el sustrato con alta

conductividad hidráulica, característica de los sustratos que contienen partículas grandes, cuando el medio está saturado conducen muy bien el agua, luego al disminuir bruscamente el contenido de agua en el sustrato, se produce estrés en la planta.

Los cuatro tratamientos que obtuvieron los valores más bajos de área foliar y a la vez la menor capacidad de retención de agua y nutrientes, presentaron deficiencia de nitrógeno, se puede apreciar en la Fotografía N° 40. De acuerdo con Fischer y Angulo (1999) la deficiencia de nitrógeno afecta negativamente en el tamaño y número de hojas, posteriormente incide negativamente en el tamaño y número de frutos.

Con los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) hubo una mayor uniformidad en cuanto al área foliar, se pudo apreciar plantas con hojas de buen tamaño a lo largo de toda la manga, si bien es cierto por ser combinaciones de sustratos con un mayor número de microporos si se comparan con los demás tratamientos, debió ocurrir una deficiencia de oxígeno en la parte inferior de la manga, en especial en el sustrato de mayor contenido de arena, lo cual no se presentó, probablemente por la capa de gravilla en la base interior de la manga y el ladrillo colocado en la base exterior, como se puede apreciar en la Fotografía N° 24, para favorecer el buen drenaje, ya que de acuerdo con Morard y Silvestre (1996), en los contenedores, la porosidad de aireación puede verse afectada, ya que varía a lo largo de todo el recipiente, que va desde un exceso en el contenido de aire en la parte superior y condiciones de hipoxia en la parte inferior del mismo.

Una de las causas de una menor área foliar mostrada por el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), comparado con el trabajo de mangas verticales hidropónicas en fresa cv. Chandler, como se puede apreciar en el primer párrafo de este parámetro, sea probablemente el ataque de araña roja *Tetranychus urticae*, durante la etapa inicial de producción, que posteriormente fue controlado,

ya que según García et al. (2011), altas poblaciones de este ácaro provoca estrés en la planta de fresa, causando una reducción del crecimiento vegetativo.

5.6. DIÁMETRO ECUATORIAL Y POLAR DEL FRUTO

En ambos parámetros se puede apreciar que hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos, sin embargo los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con un D.E=3.30 cm y D.P=3.69 cm, y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) D.E=3.09 cm y D.P=3.51 cm, que obtuvieron los promedios más altos, no presentan una diferencia estadística significativa entre sí, esto se debe probablemente a que el tratamiento T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) obtuvo un menor número de frutos por planta comparado con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), ya que según Ucan Chan et al. (2005), el diámetro del fruto se encuentra muy relacionado con el número de frutos, cuando hay un menor número, mayor es la cantidad de fotoasimilados designados para cada fruto, dando lugar a uno de mayor tamaño. Lo mismo sucedió en todos los tratamientos que presentaron una misma letra, en cuanto a significancia.

En el trabajo realizado por Pérez de Camacaro et al. (2013), señalan que en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, su mejor combinación de sustratos para estos parámetros, estuvo compuesto por suelo mineral, cascarilla de arroz y arena (proporción 2:1:1) sin AG₃, el diámetro ecuatorial y polar del fruto fueron de 3.81 cm y 2.56 cm respectivamente. Todos los resultados tratamientos del presente estudio son inferiores al resultado obtenido por estos autores en cuanto a diámetro ecuatorial, sin embargo, estos mismos son superiores si se les compara con el diámetro polar obtenido en el trabajo de dichos autores.

Hancock (1999) menciona que, en fresa un 80 a 85 % del tamaño del fruto depende del alargamiento celular, el cual es muy sensible a la falta de humedad en el medio de cultivo y el otro 15 a 20 % de la división celular. Los tratamientos T6 (60 % de

cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) que obtuvieron los frutos de mayor tamaño tanto en diámetro ecuatorial y polar, a su vez estos dos tratamientos fueron capaces de retener mejor el agua en el contenedor, tanto al inicio como al final del experimento, comparados con los demás tratamientos, esta propiedad física se puede apreciar en el Cuadro N° 95.

Los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) que obtuvieron los menores valores de diámetro ecuatorial y polar, también tuvieron los menores valores en capacidad de retención de agua y nutrientes, de acuerdo con Neilsen y Eaton, citados por Martínez et al. (2008), indican que en el cultivo de fresa, la deficiencia de boro disminuye significativamente el tamaño del fruto.

Fischer et al., citados por López-Valencia et al. (2018), indican que el diámetro y el peso del fruto dependen de factores internos, como la genética del cultivar y de factores externos, como el clima y manejo agronómico que se le da al cultivo.

El diámetro ecuatorial del fruto del tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) al ser de 3.30 cm, de acuerdo con SE (2002), es un fruto de tamaño A, ya que su longitud ecuatorial es mayor a 3.20 cm.

5.7. PESO PROMEDIO DEL FRUTO

En los resultados se puede observar que, en este parámetro los tratamientos mostraron una diferencia estadística significativa entre sí, el mejor resultado lo obtuvo el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) ya que obtuvo un valor de 16.59 g, sin embargo todos los resultados de los tratamientos del presente estudio son superiores al conseguido por Casierra-Posada et al. (2011), en su trabajo comparativo con coberturas plásticas de diferentes colores, para la

producción de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Chandler, bajo condiciones de invernadero, determinaron el peso medio del fruto y obtuvieron un valor para este parámetro de 10.70 g cuando se utilizó cobertura amarilla. En cambio, los seis tratamientos del presente estudio son inferiores al resultado conseguido por Amézquita Álvarez (2018), en su trabajo comparativo con bocashi y EM, en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Selva en la provincia de Arequipa, obtuvo un peso promedio con Bocashi de 25.50 g, a pesar de ello, el rendimiento obtenido por este autor es muy inferior.

El menor peso promedio obtenido en los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) con un valor de 15.80 g, T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) con un valor de 15.50 g, T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) con un valor de 14.51 g, T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) con un valor de 13.92 g y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) con un valor de 13.89 g, se debe probablemente a la menor capacidad de retención de agua tanto al inicio como al final del experimento, específicamente en los tres últimos tratamientos, como se puede apreciar en el Cuadro N° 95, ya que según Sánchez-Del Castillo et al. (2014), el menor rendimiento que obtuvieron en tomate hidropónico, se debe al estrés ocasionado en la planta, por los cambios bruscos de humedad y nutrientes en la zona de raíces. De acuerdo con De la Rosa-Rodríguez et al. (2018), el peso del fruto es un componente del rendimiento.

En los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), que obtuvieron los menores valores de peso del fruto, también presentaron los menores valores en capacidad de retención de agua y nutrientes, se pudo apreciar en el experimento que presentaron deficiencias de N y K, como se muestra en las Fotografías N° 40 y 42 respectivamente, de acuerdo con Martínez et al. (2008), indican que una deficiencia de nitrógeno y potasio en la planta, afecta negativamente en el peso del fruto.

Sahin et al. (2005), mencionan que niveles óptimos de porosidad de aireación, en el cultivo de fresa en sustrato, son favorables para un mayor desarrollo de raíces y área foliar, también para una mayor producción y frutos con mejores características. Según Ansorena Miner (1994) los niveles óptimos de porosidad de aireación se encuentran entre 10-30 % en volumen. Solamente el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) que obtuvo el mejor resultado para el peso promedio del fruto, se encontraba dentro de los niveles óptimos de porosidad de aireación tanto al inicio como al final del experimento. Las propiedades físicas se pueden ver en el Cuadro N° 95.

Sengupta y Banerjee, citados por De la Rosa-Rodríguez et al. (2018), indican que el peso del fruto, está ligado con el tamaño del mismo, a mayor tamaño, mayor será su peso. De acuerdo con lo mencionado por este autor, a pesar que los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con 16.59 g, T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) con 15.80 g y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) con 15.50 g, no presentaron diferencia significativa entre sí, coincidentemente estos tres tratamientos presentaron los valores más altos de diámetro ecuatorial y diámetro polar, también en este mismo orden.

5.8. NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA

Se puede apreciar en los resultados que, en este parámetro los tratamientos presentaron una diferencia estadística significativa entre sí. Adams (2002) señala que, cuando las plantas utilizan de forma eficiente el agua y nutrientes, se ve reflejado en una mayor producción de frutos. De acuerdo con este autor, el promedio más alto fue obtenido por el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con un valor de 16.18 frutos por planta, seguido por el tratamiento T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) con 13.72 frutos por planta, entre ambos no hubo diferencia estadística significativa, los valores de estos dos tratamientos son superiores al valor conseguido por Medina-

Bolívar et al. (2016), en su trabajo comparativo con diferentes combinaciones de sustratos orgánicos en (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Albión en camas con cobertura negra, la combinación de sustrato compuesto por suelo y fibra de coco (proporción 1:1) obtuvo un promedio de 11.70 frutos por planta. De acuerdo con Alandia Gerónimo (2005), señala que el sustrato influye en el número de frutos, ya que en su trabajo realizado en macetas verticales hidropónicas para la producción de fresa en diferentes cultivares, dentro de ellos el cv. Camarosa, donde utilizó diferentes combinaciones de sustratos, consiguió un resultado de 8 frutos por planta para este cultivar, cuando empleó el sustrato compuesto por turba, arena y cascarilla de arroz (proporción 1:1:1); todos los resultados del presente trabajo con excepción de los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), son superiores a los de este último autor. Sin embargo, todos promedios de los tratamientos del presente estudio son inferiores comparados con el valor obtenido por Caso Ramos (2001), ya que en su investigación realizada en mangas verticales hidropónicas en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Chandler, el tratamiento de piedra pómez como medio de cultivo, produjo 68.17 frutos por planta.

La menor cantidad de frutos por planta obtenida por los tratamientos T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) con un valor de 9.87, T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) con un valor de 8.36, T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) con un valor de 7.68 y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) con un valor de 6.12, se debe probablemente al estrés hídrico que se produjo en la planta de fresa, ya que, de acuerdo con Sánchez-Del Castillo et al. (2014), el menor rendimiento conseguido en tomate hidropónico, se debe al estrés ocasionado en la planta, por los cambios bruscos de humedad y nutrientes en la zona de raíces. De acuerdo con De la Rosa-Rodríguez et al. (2018), el número de frutos es un componente del rendimiento.

Estos cuatro últimos tratamientos, nombrados en el párrafo anterior, además de haber conseguido los valores más bajos de número de frutos, también obtuvieron

los menores valores de capacidad de retención de agua, se pudo apreciar en el experimento que, las combinaciones de sustratos de estos tratamientos al no retener adecuadamente la solución nutritiva, las plantas mostraron deficiencias de N, P, K, Ca, como se puede apreciar en las Fotografías N° 40, 41, 42 y 43. De acuerdo con Mendonça Freitas et al. (2006), la deficiencia de estos macronutrientes reduce significativamente el número de frutos.

5.9. FIRMEZA DEL FRUTO

Se puede apreciar en los resultados que, en este parámetro hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos, a pesar de ello, todos los valores obtenidos en el presente trabajo son superiores al resultado conseguido por Domínguez Morales (2012), el cual realizó una investigación en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) tanto en cultivo convencional con acolchado de plástico negro, como en cultivo sin suelo sobre canalones metálicos suspendidos donde empleó lana de roca como sustrato y consideró los diferentes parámetros de calidad del fruto para los diferentes cultivares utilizados, entre ellos Camarosa, durante la primera campaña los datos obtenidos fueron de 0.37 de kgf (373 gramos de presión) para cultivo convencional y 0.42 kgf (420 gramos de presión) para cultivo sin suelo.

El tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) es el que presenta los frutos menos firmes, con un resultado de 0.61 expresado en kgf, coincide con el valor obtenido en el trabajo realizado por Pradas Baena et al. (2015), ya que determinaron la caracterización organoléptica y nutraceútica de diferentes cultivares en cultivo convencional, entre ellos cv. Camarosa, el resultado conseguido para este cultivar fue de 0.62 kgf (6.1 expresado en N), sin embargo los valores de los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) con 0.89 kgf, T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) con 0.88 kgf y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) con 0.82 kgf, son superiores

comparados con el valor obtenido en cv. Camarosa de dichos autores, pero similares al cv. Amiga que consiguió un valor de 0.89 kgf (8.7 expresado en N).

La diferencia significativa estadística en este parámetro, se debe probablemente a que los frutos de los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) son de menor tamaño comparados con los frutos de los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) ya que, según González Araiza (2014), los frutos de fresa de menor tamaño presentan una mayor firmeza respecto a los frutos de mayor tamaño.

Burkhart, citado por Alcántara González (2009), indica que en fresas, la resistencia del fruto al daño mecánico, se debe a la firmeza. Los frutos del tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) presentan una mayor resistencia al daño mecánico respecto a los demás tratamientos. Kader (1991) menciona que, las células grandes y delgadas que presentan los frutos de fresa contribuyen a su alto nivel de susceptibilidad a las lesiones físicas.

5.10. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

En cuanto a sólidos solubles totales expresados en grados brix, se puede apreciar que hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) obtuvo el mayor contenido de SST, hay que considerar que este tratamiento no presentó diferencia estadística sobre los demás tratamientos, con excepción del tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) que obtuvo el valor más bajo. Sin embargo este valor más alto, que se obtuvo con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con un resultado de 6.53, es inferior al conseguido por Domínguez Morales (2012), en su investigación en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa mediante cultivo convencional, en la

primera campaña consiguió un valor de 7.6, sin embargo este mismo valor del presente experimento coincide con el resultado de este autor para cultivo sin suelo, donde empleó lana de roca como sustrato, el resultado que consiguió en la primera campaña fue de 6.8. La coincidencia para este parámetro con el experimento en sustrato de este autor se debe probablemente al genotipo de este cultivar, ya que según Kader (1991) los SST dependen de factores internos, como la genética y de factores externos, como el clima. Y también a la alta capacidad de retención de agua de la lana de roca como sustrato, ya que Chang et al., citados por De la Rosa-Rodríguez et al. (2018), mencionan que en la producción de melón hidropónico, porcentajes de drenaje menores a 30 % incrementan los valores de SST, sin embargo al aumentar el porcentaje de drenaje, los SST disminuyen. La combinación del sustrato del tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), además de obtener el mejor valor de SST, logró también la mayor capacidad de retención de agua, gracias a ello se produjo un menor drenaje respecto a los demás tratamientos con un valor inicial de 21.19 % y al final 20.60 %.

De acuerdo con Montero et al. (1996), cuando hay un mayor valor de SST en los frutos de fresa, estos presentan una mejor calidad. Como se señaló en el párrafo anterior, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) obtuvo el valor más alto en este parámetro respecto a los demás tratamientos, a pesar de ello el valor de este tratamiento estaba por debajo de 8° Brix, de acuerdo con Pérez Rubio y Sanz Martínez (2008) señalan que, el contenido de SST en frutos de fresa, a diferencia de otros frutos, presenta cambios insignificantes durante el desarrollo y maduración del fruto, situándose en un valor cercano a 8° Brix.

En los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), que obtuvieron los menores valores de SST, se pudo apreciar plantas con deficiencia de potasio durante la etapa reproductiva y productiva,

probablemente por la menor capacidad de retención de agua y nutrientes por parte de estos tratamientos, de acuerdo con Martínez et al. (2008), en aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) una deficiencia de potasio tiende a disminuir el contenido de SST en el jugo del fruto.

5.11. ACIDEZ TITULABLE

La acidez titulable muestra en los resultados una diferencia estadística significativa entre sus tratamientos, el mayor porcentaje de ácido cítrico se obtuvo con el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) con un valor de 0.84 %, hay que considerar que este tratamiento no presentó diferencia estadística sobre los demás tratamientos, con excepción del tratamiento T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) con un valor de 0.67 %, ya que obtuvo el porcentaje más bajo. El mayor porcentaje conseguido, en este caso el valor del tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) es similar al resultado obtenido por Domínguez Morales (2012), en su investigación en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) tanto en cultivo convencional como en cultivo sin suelo, donde empleó lana de roca como sustrato y consideró los diferentes parámetros de calidad del fruto para los diferentes cultivares utilizados, entre ellos cv. Camarosa, la acidez titulable durante la primera campaña para el cultivo convencional fue 0.85 % y para cultivo sin suelo fue 0.87 %. Sin embargo, todos los resultados del presente experimento son inferiores al valor conseguido por Pradas Baena et al. (2015), ya que determinaron la caracterización organoléptica y nutraceútica de diferentes cultivares en cultivo convencional, entre ellos cv. Camarosa, en este parámetro obtuvo un valor de 0.93 %.

Green, citado por Kader (1991), indica que el rango para el porcentaje de ácido cítrico en frutos de fresa se encuentra entre 0.42 y 1.24. De acuerdo con este autor, todos los tratamientos de este experimento se encuentran dentro de este rango, sin embargo el tratamiento T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) que

obtuvo el valor más bajo, de acuerdo con Martínez Bolaños et al. (2008), los frutos de fresa que presentan una menor acidez, muestran una mayor aceptación para el consumo en fresco, tanto para el mercado local como para exportación. Según Pop et al. (2013), aquellos frutos que presentan un bajo porcentaje de acidez, tienen un sabor suave; en fresa, el contenido de ácidos orgánicos depende del cultivar y de factores externos como las condiciones climáticas (temperatura), método de fertilización y tiempo de cosecha. Considerando lo mencionado por estos últimos autores, todos los frutos fueron evaluados en estado 6.

5.12. RELACIÓN SST/AT

De acuerdo con Domínguez Morales (2012), cuanto mayor es la relación SST/AT, mejor es la calidad gustativa en frutos de fresa.

La relación SST/AT muestra en los resultados una diferencia estadística significativa entre sus tratamientos, el valor más alto, es decir los frutos con mejor calidad gustativa se obtuvo con el tratamiento T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) con un resultado de 9.39, a la vez este tratamiento no presentó una diferencia estadística significativa respecto a los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con un valor de 8.12 y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) con un valor de 8.06, pero sí presenta una diferencia estadística significativa respecto a los tres tratamientos restantes, a pesar de ello, todos resultados de los tratamientos del presente trabajo son superiores al resultado conseguido por Martínez Bolaños et al. (2008), quienes compararon las características cualitativas de diferentes cultivares de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) mexicanos y estadounidenses con riego por goteo y acolchado de plástico blanco, el cultivar Camarosa obtuvo un valor de 5.66 en el primer muestreo.

Shaw, citado por López-Valencia et al. (2018), indica que el buen sabor del fruto en fresa está ligado a la proporción de azúcares y ácidos orgánicos. De acuerdo con lo

mencionado por este autor, los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) que presentaron los frutos de mejor sabor, también presentaron los mejores valores de porosidad de aireación y capacidad de retención de agua, pero en diferente orden sobre los demás tratamientos. Las dos propiedades físicas de los sustratos estudiados se pueden apreciar en el Cuadro N° 95.

5.13. COLOR EXTERNO DEL FRUTO: CIE-L*a*b*C* y H

En cuanto a la luminosidad (L*) no se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Sin embargo, los resultados obtenidos por los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) con un valor de 34.08, T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) con un valor de 33.94, T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con valor de 33.70, y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) con un valor de 32.56, son similares a los del trabajo realizado por Restrepo Fernández (2009), donde indica que utilizó dos recubrimientos comestibles desarrollados a partir del gel mucilaginoso de penca de sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnaúba para extender la vida útil de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, y evaluó la luminosidad a los cero días de almacenamiento, con mucilago el resultado fue de 33.50 y con cera 34.50. También, estos cuatro tratamientos del presente trabajo coinciden con la investigación realizada por Pradas Baena et al. (2015), quienes evaluaron la caracterización organoléptica y nutraceútica en diferentes cultivares de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivados en suelo utilizando macrotúneles, donde la luminosidad del cv. Camarosa fue de 33.10.

Respecto al nivel de rojo (a*), a pesar que los mejores resultados los obtuvieron los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) con un valor de 36.53, y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) con un valor de

34.98, se puede apreciar que entre todos los tratamientos no se presentó diferencia estadística significativa. Sin embargo, los resultados del presente trabajo conseguidos por todos los tratamientos a excepción del tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) mostraron frutos más rojos comparados con los de la investigación realizada por Martínez Soto et al. (s. f.), quienes evaluaron las propiedades fisicoquímicas de diferentes cultivares de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en diferentes localidades de México, dentro de ellos Camarosa, el resultado obtenido en dicha investigación para este parámetro fue de 28.43.

Referente al nivel de amarillo (b*) se puede apreciar en los resultados que los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) con un valor de 27.10, y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) con un valor de 25.55, presentaron una diferencia estadística significativa solamente respecto al tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) que obtuvo el valor más bajo con 15.58; a pesar de ello, todos los tratamientos del presente estudio mostraron superioridad si se les compara con los resultados obtenidos por Restrepo Fernández (2009), en su trabajo sobre recubrimientos comestibles en cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa evaluados a los cero días de almacenamiento, el resultado con mucilago para b* fue de 10.50 y con cera de 11.50. Del mismo modo, todos los resultados de los tratamientos del presente experimento a excepción del tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) son superiores a los del trabajo realizado por Martínez Soto et al. (s. f.), ya que evaluaron las propiedades fisicoquímicas de diferentes cultivares, siendo uno de ellos Camarosa, el valor obtenido para el nivel de amarillo (b*) fue de 16.97. En el caso de las fresas el parámetro b* no se considera tan trascendental como los parámetros L*, a*, C* y H.

De acuerdo con Pradas Baena et al. (2015), la saturación del color o cromaticidad (C*) nos permite determinar cuán vivo o apagado es un determinado color, ya que los valores cercanos a cero se refiere a colores más apagados.

En la saturación del color o cromaticidad (C^*), se puede observar en los resultados que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, a pesar de ello el tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) con un valor de 45.49 muestra una coloración más viva respecto a los demás tratamientos, habiendo una diferencia estadística significativa entre dicho tratamiento y el T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez). Asimismo el tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) es el que muestra una mayor similitud respecto al trabajo realizado por Domínguez Morales (2012), en su investigación en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) tanto en cultivo convencional con cobertura de polietileno negro, como en cultivo sin suelo sobre canalones metálicos suspendidos, donde empleó lana de roca como sustrato y consideró los diferentes parámetros de calidad del fruto para los diferentes cultivares utilizados, entre ellos Camarosa, efectuó evaluaciones de C^* durante la segunda y tercera campaña, en cultivo convencional para este cultivar durante la segunda campaña fue de 46.70, en la tercera campaña fue de 45.40, mientras que en el cultivo sin suelo durante la segunda campaña fue de 45 y en la tercera campaña de 45.30. Sin embargo, todos los resultados de los tratamientos del presente trabajo muestran colores más vivos, a excepción del tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) que presenta un color más apagado con 30.66 respecto a los valores de la investigación realizada por Martínez Soto et al. (s. f.), quienes determinaron las propiedades fisicoquímicas de diferentes cultivares, entre ellos Camarosa con un resultado para C^* de 33.20. Y también todos los tratamientos, excepto el último que presenta un menor valor, muestran colores más vivos respecto al trabajo realizado por Martínez Bolaños et al. (2008), quienes compararon las características cualitativas de diferentes cultivares mexicanos y estadounidenses con riego por goteo y acolchado de plástico blanco, donde Camarosa obtuvo un valor de 35.50 en C^* durante el primer muestreo.

En los resultados obtenidos para la tonalidad (H) o Hue se muestran los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) con un valor de 36.57 y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) con un valor de 36.15, ambos presentan una diferencia estadística significativa respecto al tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez). Sin embargo todos los valores de los tratamientos son inferiores al resultado conseguido por Martínez Bolaños et al. (2008) durante el primer muestreo, ya que evaluaron las características cualitativas de cv. Camarosa y el valor obtenido para la tonalidad fue de 40.80. Lo contrario ocurre con el experimento realizado por Pradas Baena et al. (2015) en macrotúneles, donde determinaron la caracterización del fruto, ya que su valor conseguido para la tonalidad en el cv. Camarosa fue de 29.40. Todos los resultados obtenidos por los tratamientos del presente trabajo son superiores al valor mostrado por este último autor y sus colaboradores.

Solamente los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) se encuentran dentro del rango medio de luminosidad, ya que según Faedi et al., citados por Domínguez Morales (2012), los cultivares con L* de un nivel medio varían entre 33.60 y 36.10, niveles elevados entre 36.20 y 38.70 y niveles muy elevados aquellos valores superiores a 38.70, los valores más altos de luminosidad (L*) se ven reflejados en frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) más brillantes, esto resulta beneficioso para su adecuada comercialización. Los cultivares con un mejor color del epicarpio presentan valores altos tanto de luminosidad (L*) como de cromaticidad (C*), ya que hay una mejor combinación entre ambos parámetros; el tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) es el que tiene el nivel más alto de C*, seguido del tratamiento T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla). Domínguez Morales (2012) señala que, tanto la luminosidad (L*) y saturación del color (C*) dependen del factor genético.

Respecto a lo del párrafo anterior, se puede interpretar que los frutos de los tratamientos con gravilla son los que han mostrado un mejor color rojo, con más brillo, con un color más vivo y con mejor tonalidad.

Si bien es cierto que, todos los frutos de este experimento fueron estudiados en estado 6, se puede decir que el color externo del fruto está relacionado con el estado de madurez del mismo, ya que según González Araiza (2014), en su experimento con tres cultivares de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en estados de madurez del fruto 4, 5 y 6; en todos los cultivares los valores de luminosidad (L^*), nivel de amarillo (b^*) y tonalidad (H) son mayores en estado 4 y tienden a disminuir cuando el fruto se encuentra en estado 6, lo contrario sucede con el nivel de rojo (a^*), su valor es menor en estado 4 y mayor en estado 6, los valores de a^* son mayores conforme madura el fruto.

Pérez Rubio y Sanz Martínez (2008) señalan que, los responsables del color rojo intenso, son el 3-glucósido de pelargonidina (88 % del total de antocianinas) y el 3-glucósido de cianidina, las antocianinas dependen de los factores externos como la luz y temperatura, además de las características del cultivar.

Severo et al. (2011) indican que, el contenido total de antocianinas se intensifica a medida que el fruto de la fresa madura, alcanzando su punto más alto cuando este se encuentra totalmente rojo.

De acuerdo con Alvarado Raya et al. (2014), los diferentes sistemas de cultivo utilizados para la producción de fresa pueden afectar el color del fruto.

USDA (2006) describe las características que debe reunir una fresa, indicando que el fruto de grado 1 debe presentar un color rojo por encima de los $\frac{3}{4}$ (estado cinco), sin especificar los niveles de luminosidad, saturación del color y ángulo de tono requeridos por dicho fruto para su consumo o comercialización.

5.14. RENDIMIENTO POR PLANTA / MANGA / HECTÁREA

En cuanto al rendimiento acumulado por planta, se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos. El mejor resultado se obtuvo con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con un valor obtenido de 267.86 gramos, se realizó la cosecha durante 17 semanas posteriormente los rendimientos de los diferentes tratamientos disminuyeron considerablemente, sin embargo este resultado del presente experimento es inferior al obtenido por Calderón Medellín et al. (2013), en su trabajo utilizaron diferentes materiales para el acolchado en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa bajo invernadero, la cosecha se llevó a cabo durante 15 semanas, cuando utilizaron plástico plateado/negro lograron rendimientos altos de 347.80 gramos por planta, sin embargo el mejor tratamiento del presente estudio solo supera al de plástico negro como cobertura, ya que su valor fue de 246.43 gramos por planta. El resultado del tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) también es inferior al resultado obtenido por Caso Ramos (2001), que llevó a cabo su experimento en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Chandler donde también utilizó mangas verticales hidropónicas, el mejor rendimiento por planta lo obtuvo con la cascarilla de arroz como único sustrato con un valor de 496.73 gramos durante 24 semanas de producción. Medina-Bolívar et al. (2016), en su trabajo comparativo de diferentes combinaciones de sustratos orgánicos en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Albión en camas con cobertura negra, la combinación de sustrato compuesta por suelo y fibra de coco (proporción 1:1) obtuvo un rendimiento de 70.33 gramos por planta, hay que considerar que el trabajo de estos autores se realizó durante 210 días, muy similar a la duración del presente trabajo que fue de 212 días, el rendimiento que se obtuvo con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) es muy superior.

El menor rendimiento por planta obtenido en el presente trabajo, comparado con el experimento realizado por Caso Ramos (2001), donde empleó cv. Chandler

como material biológico, como se describió en el párrafo anterior, se debe posiblemente a una menor cantidad de horas frío que requiere este cultivar para su producción, a diferencia del cultivar utilizado en el presente experimento, ya que de acuerdo con Hancock (1999) el cv. Camarosa requiere una gran cantidad de horas frío para lograr buenas producciones. Pérez de Camacaro et al. (2013), realizaron un trabajo utilizando diferentes sustratos y ácido giberélico en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, y señalan que llevaron a cabo un trabajo muy similar con cv. Chandler y el rendimiento de este último fue muy superior al primero bajo similares condiciones climáticas. Otra de las causas del menor rendimiento obtenido probablemente sea también por el ataque de araña roja *Tetranychus urticae*, durante la etapa inicial de producción, que posteriormente fue controlado como se puede apreciar en la Fotografía N° 35, ya que según García et al. (2011), una población elevada de este ácaro causa estrés en la planta de fresa, que se ve reflejado en una reducción del crecimiento vegetativo, posteriormente afecta el desarrollo floral y finalmente disminuye la calidad del fruto y el rendimiento.

El mejor rendimiento acumulado por manga y por hectárea se obtuvo con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con valores de 7.21 kg/manga y 60715.41 kg/ha, a su vez este tratamiento presentó una diferencia estadística significativa respecto a los demás tratamientos en ambos parámetros, a pesar de ello, muestra un resultado inferior comparado con el trabajo de Martínez Bolaños et al. (2008) en su investigación comparativa de características cualitativas de cultivares mexicanos y estadounidenses donde utilizaron acolchado de plástico blanco y riego por goteo, entre ellos cv. Camarosa con un rendimiento acumulado de 68952 kg/ha. También, este mejor rendimiento obtenido en el presente trabajo es inferior a los resultados de Domínguez Morales (2012), que realizó una investigación en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) tanto en sistema convencional como hidropónico, este último sistema llevado a cabo sobre canalones metálicos suspendidos, donde empleó lana de roca como sustrato y

evaluó el rendimiento de diferentes cultivares, para cv. Camarosa, durante la primera campaña en el cultivo sin suelo consiguió un valor de 73196 kg/ha, con el sistema convencional fue 17.71 % menos. Sin embargo, los resultados obtenidos por los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con 60715.41 kg/ha y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) con 47873.39 kg/ha son superiores al mejor resultado conseguido por Moscoso Gutiérrez (2011) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Oso Grande en mangas verticales hidropónicas, llevado a cabo también en la ciudad de Arequipa, con la combinación de sustratos 75 % de piedra pómez y 25 % de humus obtuvo 30837.47 kg/ha.

Álvarez y Morales (2007) indican que, cuando el agua que se suministra al cultivo, se encuentra en niveles óptimos, la planta es capaz de producir en cantidades elevadas y el producto cosechado presenta una mejor calidad. De acuerdo con lo mencionado por estos dos autores, a pesar que el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) consiguió el más alto rendimiento y también la mayor capacidad de retención de agua, según Ansorena Miner (1994) los niveles óptimos de capacidad de retención de agua se encuentran entre 55 y 70 % en volumen. Tanto el valor del tratamiento mencionado, como el de todos los demás tratamientos no se encontraban dentro de los niveles óptimos, como se puede apreciar en el Cuadro N° 95. Por ello fueron regados de manera frecuente y ligera, de acuerdo a sus necesidades.

Los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) y T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) que obtuvieron los más bajos rendimientos tanto en mangas como por hectárea, a la vez las combinaciones de sus sustratos presentaron la menor capacidad de retención de agua, según Morales et al. (2017), se debe al estrés hídrico que experimenta la planta de fresa en la etapa de crecimiento y posteriormente durante la etapa reproductiva y productiva, que repercute negativamente en el tamaño del

fruto y el rendimiento. Estos cuatro tratamientos también obtuvieron los valores más bajos de área foliar, presentaron plantas con síntomas deficiencia de nitrógeno, de acuerdo con Fischer y Angulo (1999) la deficiencia de nitrógeno afecta negativamente en el tamaño y número de hojas, posteriormente incide negativamente en el tamaño y número de frutos. Además de la deficiencia de nitrógeno, también presentaron síntomas de deficiencia de los demás macronutrientes a excepción del azufre, como se puede apreciar en las Fotografías N° 40, 41, 42, 43 y 44, Martínez et al. (2008), señalan que hay un efecto negativo de la deficiencia de nutrientes en el rendimiento, aquellas plantas que presentaron el elemento faltante ya sea N, P, K, Ca y Mg repercutió de manera negativa en el tamaño y número de frutos (componentes del rendimiento).

El tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), que obtuvo el rendimiento más alto, también consiguió el valor más alto en área foliar, de acuerdo con Vázquez Gálvez et al. (2000) el área foliar está asociado al rendimiento y sus componentes, ya que en su experimento en el cultivo de fresa, los dos tratamientos que obtuvieron la mayor área foliar, consiguieron un mayor número y peso de frutos, en consecuencia un mejor rendimiento. Escalante Estrada (1999) menciona que, un mayor crecimiento de hojas, permite una mayor captación de energía lumínica, lo cual incrementa la fotosíntesis y producción de biomasa. De acuerdo con Aguilar-García et al. (2005) es el resultado del buen aprovechamiento de agua y nutrientes por parte de la planta, el incremento del rendimiento es producto de una mayor área foliar.

El tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), además de haber logrado el mejor valor en este parámetro, obtuvo los valores más altos en peso fresco y seco de raíz, y también la mayor longitud radicular, Qi et al. (2012) mencionan que un mayor sistema radicular influye en un mayor rendimiento.

Sánchez-Del Castillo et al. (2014), señalan que la diferencia de rendimiento en los diferentes sistemas hidropónicos se debe a las diferentes temperaturas, contenido de humedad y nutrientes en la zona de raíces. Si bien es cierto, en el presente

experimento se utilizó solamente un sistema hidropónico, mangas verticales, las distintas combinaciones de sustratos de los diferentes tratamientos, presentaron una diferencia en la retención de agua y nutrientes. En otros cultivos como el tomate hidropónico, según De la Rosa-Rodríguez et al. (2018), mencionan que el rendimiento aumentó hasta en un 25 % cuando el porcentaje de drenaje de la solución nutritiva fue de 40 y 45 %. Sin embargo en el presente trabajo se obtuvo el mejor rendimiento cuando el porcentaje de drenaje fue al inicio de 21.19 % y al final de 20.60 %, lo cual se logró con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), ya que este mismo consiguió el valor más alto en el parámetro capacidad de retención de agua comparado con los demás tratamientos.

Alandia Gerónimo (2005), señala que en su trabajo en macetas verticales en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), los valores más altos para cv. Pájaro en los parámetros número y peso de frutos (componentes del rendimiento), los obtuvo con aquellos sustratos que estaban compuestos por cascarilla de arroz y arena, ya que estos dos fueron combinados ya sea con turba o tierra de la zona en proporción 1:1:1, sin especificar el rendimiento obtenido en dicho trabajo de investigación. Lo mencionado por este autor, coincide con lo experimentado en el presente trabajo, ya que se obtuvo el mayor rendimiento con el tratamiento que contenía arena y cascarilla arroz, en este caso el de mayor proporción del material inorgánico, según Márquez Domínguez (2008) los campos de arena, son económicamente viables para el cultivo de fresa, ya que presentan mayores rendimientos, por encima del 10 % si se comparan con otros suelos.

Havlin et al., citados por Arcila Pulgarín (s. f.), indican que los factores que afectan la buena producción en un cultivo son tres: los factores climáticos como la precipitación, temperatura, humedad relativa, luz; factores del suelo como el contenido de materia orgánica, textura, estructura, CIC, topografía, temperatura del suelo, manejo del suelo, profundidad efectiva y fertilidad; factores del cultivo como el cultivar, calidad de planta, densidad de plantas, evapotranspiración, disponibilidad de agua, nutrición, plagas y enfermedades.

5.15. PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE CATEGORÍA DE CALIDAD Y FRUTOS DEFORMES

En cuanto al porcentaje de rendimiento de calidad extra se puede apreciar en los resultados que hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos, siendo el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) el que obtuvo el valor más alto con 36.90 % (98.84 gramos por planta), según Calderón Medellín et al. (2013), en su trabajo compararon diferentes materiales para cobertura en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con plástico plateado/negro lograron conseguir un rendimiento de calidad extra de 25.86 % (118.53 gramos por planta), si bien es cierto el valor que se obtuvo en el presente trabajo es superior desde el punto de vista porcentual para este parámetro, a pesar de ello, es inferior al experimento de estos autores desde el punto de vista de rendimiento por planta de calidad extra, cabe resaltar que el rendimiento de categoría de calidad, ya sea extra, primera o segunda del presente trabajo es superior desde el punto de vista de rendimiento por unidad de área comparado con el experimento de cobertura de plástico en fresa de los mencionados autores, ya que en mangas verticales hidropónicas se aprovecha el espacio aéreo.

En el porcentaje de rendimiento de calidad primera también se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos, el tratamiento T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) obtuvo el mejor resultado con 59.39 % (128.21 gramos por planta), mientras que con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) se obtuvo el porcentaje más bajo con 48.67 % (130.37 gramos por planta), a pesar de ello, los porcentajes obtenidos por estos dos tratamientos, son superiores al valor conseguido por Calderón Medellín et al. (2013), cuando utilizaron cobertura de plástico plateado/negro lograron un porcentaje de rendimiento de calidad primera de 24.93 % (114.25 gramos por planta) en cv. Camarosa.

Los tratamientos del porcentaje de rendimiento de calidad segunda también presentaron diferencia estadística entre sí, los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) con 30.56 % (25.93 gramos por planta), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) con 25.56 % (30.98 gramos por planta) y T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) con 24.73 % (34.05 gramos por planta) obtuvieron los porcentajes más altos en este parámetro, sin embargo sus rendimientos fueron inferiores comparados con los de mayor retención de agua. Lo positivo de los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con 11.23 % (30.08 gramos por planta) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) con 10.31 % (22.26 gramos por planta), es que el porcentaje de rendimiento de calidad segunda que han obtenido es bajo, a diferencia de lo que indican Pradas Baena et al. (2015), que el cv. Camarosa produce un alto porcentaje de frutos de calidad segunda, debido a que tienden a deformarse. Calderón Medellín et al. (2013), cuando utilizaron cobertura de plástico plateado/negro consiguieron un alto porcentaje de rendimiento de calidad segunda de 25.09 % (115.02 gramos por planta) en cv. Camarosa.

El porcentaje de rendimiento de frutos deformes, presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos, el porcentaje más alto se obtuvo con los tratamientos T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) con 11.83 % (16.29 gramos por planta), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) con 11.11 % (9.43 gramos por planta) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) con 11.11 % (13.47 gramos por planta) y los porcentajes más bajos los consiguieron los tratamientos T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) con 5.21 % (6.14 gramos por planta), T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con 3.21 % (8.60 gramos por planta) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) con 1.82 % (3.93 gramos por planta), todos los resultados de estos tratamientos muestran un menor porcentaje de frutos deformes comparados con el resultado de Calderón Medellín et al. (2013), cuando utilizaron cobertura de plástico plateado/negro en cultivar Camarosa con un valor de 24.12

% (110.54 gramos por planta). Sin embargo, estos mismos tratamientos muestran un mayor porcentaje de frutos deformes a excepción del tratamiento T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) respecto al resultado obtenido por Mena Chacón et al. (2017) donde utilizaron diferentes niveles de abonamiento, riego por goteo y cubierta de plástico en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Selva, el mejor tratamiento (50 % de abonamiento químico y 50 % orgánico) obtuvo 1.90 % de frutos deformes para el rendimiento de 17114.63 kg/ha. En el presente trabajo el tratamiento T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) con un valor de 1.82 % de frutos deformes para un rendimiento de 47873.39 kg/ha.

El mayor porcentaje de rendimiento de calidad extra obtenido por el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) y el valor más alto de porcentaje de rendimiento de calidad primera obtenido por el tratamiento T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) comparados con los resultados del trabajo realizado con cobertura de plástico plateado/negro, se debe probablemente a las ventajas que ofrece el cultivo sin suelo, ya que de acuerdo con Beltrano y Giménez (2015), la hidroponía permite una mayor producción en espacios reducidos y también el producto final es de mejor calidad.

5.16. DENSIDAD APARENTE

De acuerdo con Gutiérrez-Castorena et al. (2011), las propiedades físicas de un sustrato combinado, se ven alteradas en función de la proporción de la mezcla. Cabrera (1999) indica que cuando el sustrato ya está establecido en el contenedor, el componente orgánico experimenta una descomposición a lo largo del ciclo del cultivo, reduciéndose su volumen total disponible para las plantas, lo cual hace que las propiedades físicas sufran una variación respecto al inicio del cultivo. De acuerdo con lo mencionado por este último autor, la densidad aparente de la

combinación de sustratos evaluados sufrió una modificación con el paso del tiempo.

La densidad aparente muestra una diferencia estadística significativa entre sus tratamientos, tanto al inicio como al final del experimento. La mayor densidad aparente se pudo apreciar en aquellas combinaciones de sustratos que presentaron una mayor proporción de material inorgánico como los tratamientos T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) al inicio 0.61 g/cm^3 y al final 0.81 g/cm^3 , y T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) al inicio 0.67 g/cm^3 y al final 0.65 g/cm^3 , a excepción del tratamiento T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), debido a que la piedra pómez presenta una menor densidad aparente, según Caso Ramos (2001) este sustrato como material individual en su experimento, presentó valores de $0.46 \text{ g/cm}^3 - 0.57 \text{ g/cm}^3$. Por ello, los menores valores para este parámetro, los presentaron los dos sustratos que estaban compuestos de piedra pómez, el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) al inicio 0.20 g/cm^3 y al final 0.21 g/cm^3 , y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) al inicio 0.38 g/cm^3 , estos tres valores según Ansorena Miner (1994) se encuentran dentro de los niveles óptimos ($< 0.40 \text{ g/cm}^3$). Como se puede apreciar en el Cuadro N° 95. Sin embargo con el T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) no se consiguió un buen prendimiento, tampoco el mejor crecimiento vegetativo, ni mucho menos el fruto con mejores características, y sus rendimientos fueron bajos, a diferencia del T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) que fue el segundo tratamiento con mejor respuesta en la mayoría de variables evaluadas en el cultivo.

Como todos los tratamientos estuvieron compuestos por cascarilla de arroz, Caso Ramos (2001) señala que la cascarilla de arroz como sustrato único presenta una densidad aparente de 0.08 g/cm^3 . Pire y Pereira (2003) mencionan que la densidad aparente de este mismo sustrato es de 0.10 g/cm^3 . Considerando la similitud de lo señalado por estos autores, este sustrato orgánico se utilizó con el fin de

combinarse con otros sustratos y así mejorar la densidad aparente, ya que por sí solo en contenedor es muy sensible al volcamiento. Bowman y Paul, citados por Cabrera (1999), indican que al realizar combinaciones de sustratos, la parte orgánica debe ocupar por lo menos el 40 % del volumen del contenedor. Como se puede apreciar en los diferentes tratamientos evaluados, la cascarilla de arroz varía entre 60 % y 80 % del volumen del contenedor.

Jiménez Mejías y Caballero Ruano (1990) señalan que, por otro lado el sustrato debe ser lo suficientemente pesado (suficiente densidad aparente) para evitar que el contenedor se vuelque con facilidad, por ello se recomienda añadir una porción de arena. Según Pire y Pereira (2003) la arena fina como sustrato individual, presenta una densidad aparente de 1.46 g/cm^3 . Cabrera (1999) menciona que la arena como sustrato debe ocupar como máximo el 33 % del volumen del contenedor, ya que presenta una alta densidad aparente. Cuando se colocó en el tratamiento T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) el porcentaje de arena, valor que se encuentra dentro de lo que indica este último autor, los resultados de los parámetros evaluados, como el prendimiento, crecimiento vegetativo, características del fruto (a excepción de la menor AT y la mayor relación SST/AT), categoría del fruto, rendimiento y sus componentes, no fueron los mejores. A diferencia del tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) que presentaba un mayor porcentaje de arena de lo que indica este mismo autor, obtuvo una mejor respuesta a las diferentes variables del cultivo.

Burés Pastor (1985) señala que la densidad aparente de los materiales utilizados como sustrato, debe estar entre los rangos de 0.1 y 0.8 g/cm^3 , pero recomienda los valores entre 0.2 y 0.3 g/cm^3 para que las raíces de las plantas puedan penetrar con facilidad a través del medio de cultivo, además se evita el peso excesivo del contenedor y se reduce el costo del transporte. Considerando lo mencionado por este autor, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), con valores para este parámetro de 0.67 g/cm^3 al inicio y 0.65 g/cm^3 al final, se encontraba dentro de los niveles señalados por él mismo; a pesar de ser el sustrato

más pesado al inicio y el segundo más pesado al final, comparado con los demás tratamientos, obtuvo la mejor respuesta en la mayoría de parámetros evaluados en el cultivo.

Se puede observar en el Gráfico N° 34 que la densidad aparente tiende a aumentar en la mayoría de tratamientos, al comparar el inicio con el final del experimento. De Boodt y Verdonck, citados por Terés Terés (2001), indican que la densidad aparente de los materiales orgánicos sufre modificaciones a lo largo del ciclo del cultivo, por ello se altera el volumen de la porosidad total, ya que está muy influenciada por la compactación. Y según Verdonck et al., citados por Terés Terés (2001), también por el contenido de humedad de la muestra.

5.17. DENSIDAD REAL

La densidad real, muestra en los resultados una diferencia estadística significativa entre los tratamientos, tanto al inicio como al final del experimento. Los dos tratamientos que estaban compuestos por gravilla, como T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) al inicio 1.48 g/cm^3 y al final 1.45 g/cm^3 , y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) al inicio 1.65 g/cm^3 y al final 1.94 g/cm^3 , y el tratamiento de mayor proporción de arena, es decir el T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) tanto al inicio como al final obtuvo un valor de 1.75 g/cm^3 , según Ansorena Miner (1994) estos valores se encuentran dentro de los niveles óptimos ($1.45\text{-}2.65 \text{ g/cm}^3$), este mismo autor señala que la densidad real no es dependiente del grado de compactación a diferencia de la densidad aparente. Sin embargo solamente el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) obtuvo una mejor respuesta en la mayoría de parámetros evaluados. Los resultados y niveles óptimos de esta propiedad física se pueden apreciar en el Cuadro N° 95.

5.18. POROSIDAD TOTAL

Burés Pastor (1985) señala que, la porosidad total nos da una idea del volumen ocupado por el componente sólido, sin embargo, no brinda detalles sobre la distribución de microporos y macroporos.

Todos los tratamientos presentaron en su composición cascarilla de arroz, pero aquellos tratamientos que tenían un mayor porcentaje de cascarilla de arroz, fueron los de mayor porosidad al inicio, como es el caso de los tratamientos T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), de acuerdo con García et al. (2001), la cascarilla de arroz se usa con la finalidad de aumentar la porosidad total en los sustratos.

El tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) presentó la mayor porosidad total, debido a su alto porcentaje de cascarilla de arroz combinado con un menor porcentaje de piedra pómez, ya que Calderón Sáenz y Cevallos (2001) señalan que la piedra pómez se caracteriza por ser un sustrato poroso. Caso Ramos (2001) menciona que la piedra pómez como sustrato individual muestra una porosidad total de 57.78 % en volumen. Este sustrato inorgánico presenta una menor porosidad total si se le compara con la cascarilla de arroz, como se detalla en el párrafo que está a continuación.

Este parámetro expresado en porcentaje de volumen, en el caso de la cascarilla de arroz usado como sustrato individual, según Caso Ramos (2001) su porosidad total varía entre 94.58-95.34 %. Según Pire y Pereira (2003) este mismo sustrato como material individual es de 84.80 %, a diferencia de la arena fina como sustrato único es de 37.30 %. Calderón Sáenz y Cevallos (2001) señalan que la arena de río varía entre 38-42 % en volumen. Considerando lo mencionado por estos autores, al combinarse ambos sustratos dieron origen al tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) con 61.49 % al inicio y 63.11 % al final; a pesar que hubo diferencia estadística entre los tratamientos tanto al inicio

como al final del experimento, ninguna de las seis combinaciones se mostraba dentro de los niveles óptimos, según Ansorena Miner (1994) la porosidad total de un sustrato debe ser $>85\%$ en volumen. Como se puede apreciar en el Cuadro N° 95. Sin embargo, Cabrera (1999) señala que la porosidad total del sustrato debe ser como mínimo el 70% de volumen. Considerando el valor mínimo para este parámetro mencionado por este último autor, los tratamientos T1 (80% de cascarilla de arroz y 20% de piedra pómez) al inicio y al final, T3 (80% de cascarilla de arroz y 20% de gravilla) al inicio y T5 (80% de cascarilla de arroz y 20% de arena fina) al inicio, se encontraban por encima de este valor, a pesar de ello, la respuesta obtenida por dichos tratamientos para la mayoría de parámetros no fue la mejor, a diferencia del tratamiento T6 (60% de cascarilla de arroz y 40% de arena fina), si bien es cierto no se encontraba dentro de los niveles óptimos de porosidad total, sin embargo, obtuvo la mejor respuesta en la mayoría de parámetros evaluados en el cultivo.

Se muestra en el Gráfico N° 36 que, en la mayoría de tratamientos se experimentó una disminución de la porosidad total, al comparar el inicio con el final de la investigación, esto se debe a que la cascarilla de arroz mejoró su capacidad de retención de humedad por la fragmentación de sus partículas conocidas como polvillo y consecuentemente disminuyó la porosidad de aireación. Ansorena Miner (1994) señala que, la porosidad total disminuye a medida que hay un menor tamaño de partícula.

5.19. POROSIDAD DE AIREACIÓN

Cabrera (1999) señala que la porosidad de aireación es posiblemente la propiedad física de mayor importancia en sustratos.

Sánchez, citado por Quishpe Gordón (2013) menciona que, la cascarilla de arroz utilizada cuando el material es nuevo, a pesar de su buena aireación y drenaje, dificulta la absorción de agua y nutrientes requeridos por la planta, por su baja

capacidad de retención de humedad; influyendo de manera negativa en el desarrollo de la planta. Considerando lo mencionado por este autor, se combinó la cascarilla de arroz con otros sustratos para disminuir la aireación y al mismo tiempo mejorar la capacidad de retención de agua.

Según Caso Ramos (2001) la porosidad de aireación inicial de la cascarilla de arroz fue de 89.66 % en volumen y con el paso del tiempo, al concluir su experimento disminuyó a 86.12 % en volumen. Sin embargo, Pire y Pereira (2003) mencionan que la porosidad de aireación de la cascarilla de arroz es 68.20 % en volumen y de la arena fina 4.70 % en volumen, ambos como sustratos individuales. Calderón Sáenz y Cevallos (2001) señalan que la desventaja de la arena, es que cuando el material es muy fino, el volumen de aireación se encuentra por debajo de los niveles óptimos.

González Fuentes et al. (2016), indican que en su experimento en fresa el mayor peso seco y crecimiento de raíz se produjo cuando la porosidad de aireación del sustrato fue de 19.50 % en volumen, siendo un porcentaje de aireación ideal para el cultivo de fresas en contenedor, en aquel trabajo las raíces se desarrollaron bien en rangos de 13 % y 25 % en vol. Teniendo en cuenta lo señalado por estos autores, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), como ya se mencionó en los parámetros anteriores, obtuvo los mayores promedios de peso fresco y seco de raíz, como también en longitud radicular, debido a que la porosidad de aireación fue de 21.19 % en volumen al inicio y 20.60 % en volumen al final del experimento, este fue el único tratamiento que tenía un buen porcentaje de macroporos, ya que, según Ansorena Miner (1994) la porosidad de aireación óptima de un sustrato debe ser entre 10-30 % en volumen. Como se puede apreciar en el Cuadro N° 95. Terés Terés (2001), indica que un contenido óptimo del porcentaje de aireación en sustratos, asegura el buen crecimiento del cultivo.

Raviv et al., citados por Pire y Pereira (2003) mencionan que, pese a que un alto porcentaje de porosidad de aireación es beneficioso para un buen drenaje, lo que

se consigue es disminuir la capacidad de retención de agua, causando problemas de manejo en el cultivo, al requerir riegos mucho más frecuentes. De acuerdo con este autor, este mayor porcentaje de porosidad de aireación se pudo apreciar tanto al inicio como al final, en los tratamientos T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla), T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) y T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez), sobre todo los tres primeros tratamientos tenían un mayor drenaje, dando lugar a un mayor gasto de agua y nutrientes, de acuerdo con Pardossi et al. (2011), el ahorro de agua y nutrimentos, representa una disminución de costos de producción y también una reducción de descargas de fertilizantes al ambiente. Lo cual se pudo apreciar con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina).

Se muestra en el Gráfico N° 37 que, en todos los tratamientos se experimentó una disminución de la porosidad de aireación, al comparar el inicio con el final de la investigación, esto se debe a que la cascarilla de arroz mejoró su capacidad de retención de humedad. Calderón Sáenz y Cevallos (2001) señalan que a lo largo del tiempo, al descomponerse la cascarilla de arroz, hay un mayor número de partículas pequeñas conocidas como polvillo de la cascarilla. Motivo por el cual aumenta el porcentaje de microporos y disminuyen los macroporos.

5.20. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

De Boodt, citado por Terés Terés (2001), menciona que la capacidad de retención de agua junto a la porosidad de aire, son las propiedades de mayor importancia de un sustrato.

Como todos los tratamientos estaban compuestos por cascarilla de arroz; como sustrato único según Caso Ramos (2001) el porcentaje de volumen de agua retenida por la cascarilla de arroz fue de 4.92 % al iniciar el experimento, a lo largo del tiempo mejoró el valor de este parámetro, ya que al finalizar fue de 9.23

%. Pire y Pereira (2003) indican que la capacidad de retención de agua de este mismo sustrato es de 16.60 %.

Yescas-Coronado et al. (2011) señalan que la lixiviación de la solución nutritiva se ve altamente influenciada por el sustrato que se utiliza, en caso de utilizar arena como sustrato se reduce esta lixiviación. Pire y Pereira (2003) mencionan que la capacidad de retención de agua de arena fina es de 32.60 % en vol. Sin embargo este valor obtenido por estos autores en arena fina como sustrato individual, es inferior a la capacidad de retención de humedad de la combinación del tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) al inicio con un valor de 40.30 % en volumen y al final 42.52 % en volumen, probablemente las partículas del material inorgánico utilizado en la investigación de dichos autores presentaban un mayor diámetro.

Landis, citado por Gutiérrez-Castorena et al. (2011), señala que los poros heterogéneos crean condiciones óptimas para el adecuado desarrollo radicular, debido a la combinación de poros de almacenamiento y percolación. Por ello, el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) obtuvo el valor más alto en peso fresco y seco de raíz, como también en longitud radicular, gracias a la heterogeneidad de sus poros. A diferencia de los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla), presentaron valores bajos en esos parámetros por la homogeneidad de sus poros, Gutiérrez-Castorena et al. (2011), mencionan que las combinaciones de sustratos que presentan homogeneidad de poros, ya sean de retención de agua o aireación, inciden negativamente en el desarrollo del cultivo.

Los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) con una capacidad de retención de humedad de 17.34 % al inicio y 19.90 % al final, y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) con un valor de 14.80 % al inicio y 16.63 % al final, esta baja retención de humedad de ambos se debe a que, de acuerdo con Calderón Sáenz y Cevallos (2001) la gravilla se usa para mejorar el drenaje. Estos dos sustratos que contenían gravilla y cascarilla de arroz, de

acuerdo con Burés Pastor (1995) una menor cantidad de microporos, responsables de la retención de agua, es propio de aquellos sustratos que presentan un mayor tamaño de partículas. Marfà i Pagés (1995) señala que, cuando los sustratos de partículas grandes se encuentran saturados, el agua fluye de manera adecuada hacia la zona de raíces, luego al disminuir bruscamente el contenido de agua, ocasiona un estrés hídrico en la planta. También estos dos tratamientos presentaron los valores más bajos en cuanto a rendimiento por manga y por hectárea, según Sánchez-Del Castillo et al. (2014), el menor rendimiento que obtuvieron en tomate hidropónico, se debe al estrés ocasionado en la planta, por los cambios bruscos de humedad y nutrientes en la zona de raíces. Igualmente, estos dos tratamientos también obtuvieron los valores más bajos en peso seco de hojas y unos de los más bajos en peso seco de raíz, De Boodt y De Waele, citados por Terés Terés (2001), indican que cuando la capacidad de retención de agua en el sustrato es baja, el cultivo se ve obligado a realizar un mayor esfuerzo para extraer el agua retenida en los poros, lo que se traduce en un mayor gasto de energía que podría utilizar la planta para la producción de fitomasa seca. A pesar que estos dos tratamientos fueron regados con una mayor frecuencia de agua comparados con los de mayor retención de humedad, la respuesta a las diferentes variables no fueron las mejores, Terés et al. (1997) indican que cuando la oferta es menor que la demanda, en términos de agua retenida por el sustrato, se debe aportar más agua.

Pérez de Camacaro et al. (2013), realizaron un trabajo en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, obtuvieron el mayor crecimiento vegetativo y las mejores características del fruto con dos combinaciones de sustratos, el primero con vermicompost, cascarilla de arroz y arena (proporción 1:2:2), la porosidad de aireación fue de 37.31 % y la capacidad de retención de agua 21.76 %; el segundo con aserrín de coco, cascarilla de arroz y arena (proporción 2:2:1) con porosidad de aireación de 13.66 % y capacidad de retención de agua de 33.15 %, con este último se obtuvo un mayor número de frutos. Según López Pérez et al. (2005) en

el trabajo realizado en fresa hidropónica con dos cultivares y diferentes combinaciones de sustratos y un sustrato puro, obtuvieron el mejor crecimiento vegetativo cuando la porosidad de aireación fue de 17.53 % y capacidad de retención de agua fue de 26.53 %, lo cual lo consiguieron con el sustrato combinado de 75 % tezontle y 25 % fibra de coco. A diferencia de lo que indican estos autores, se obtuvo una mejor respuesta a las diferentes variables, cuando la capacidad de retención de agua al inicio fue de 40.30 % y al final 42.52 %, lo cual se logró con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), si bien es cierto la capacidad de retención de humedad de este tratamiento, según Ansorena Miner (1994) no se encontraba dentro de los niveles óptimos (55-70 % en vol.), a diferencia de la porosidad de aireación que se encontraba dentro de los niveles óptimos. Como se puede apreciar en el Cuadro N° 95.

Se muestra en el Gráfico N° 38 que, en todos los tratamientos la capacidad de retención de agua presentó una mejoría, al comparar el inicio con el final de la investigación Calderón Sáenz y Cevallos (2001) señalan que con el paso del tiempo, la cascarilla de arroz utilizada como sustrato, experimenta una degradación física, debido a que sus partículas se fracturan, lo cual genera un polvillo que permite una mejor retención de agua y capilaridad, sin embargo esta degradación es lenta debido a su alto contenido de sílice.

5.21. POTENCIAL DE HIDRÓGENO

Burés Pastor (1985) indica que las propiedades químicas son de suma importancia, ya que afectan la disponibilidad de nutrientes. Cabrera (1999) señala que las propiedades químicas del sustrato como el pH y la conductividad eléctrica, pueden ser modificadas luego del establecimiento del cultivo, aplicando mejoradores, o en caso de exceso de sales solubles, se soluciona mediante un lavado con agua de baja salinidad.

Argo (1998) menciona que cada especie absorbe los nutrientes a un determinado pH. Benacchio Scotton (1982) menciona que para el buen desarrollo del cultivo de fresa, los niveles óptimos de pH en la solución del suelo varían de 5.7 a 5.8. Sin embargo, ICA, citado por Osorio (2012), indica que cuando el pH es moderadamente ácido (5.5-6), la presencia del aluminio para que haya toxicidad no es significativa, al mismo tiempo hay una mayor disponibilidad de fósforo, azufre, molibdeno y bases intercambiables; cuando el pH es ligeramente ácido (6-6.5) se encuentran disponibles todos los nutrientes para las plantas.

Considerando lo mencionado por los diferentes autores en el párrafo anterior, se puede apreciar en los resultados que, al inicio el pH de los tratamientos se encontraba entre 6.24 y 6.40, valores que corresponden a los tratamientos T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) respectivamente, habiendo una diferencia estadística significativa entre sí. Mediante las aplicaciones de ácido fosfórico y sulfúrico al tanque de almacenamiento que contenía a la solución nutritiva, fue posible reducir el pH de los diferentes tratamientos, ya que al final del experimento, los valores de los diferentes tratamientos se encontraron entre 5.92 correspondiente al T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) y 6.14 correspondiente al tratamiento T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), habiendo diferencia estadística significativa entre los diferentes valores de los tratamientos.

Según Ansorena Miner (1994) los niveles óptimos para pH se encuentran entre 5.2-6.3. Se puede apreciar que, al inicio del experimento, solamente el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) se encontraba dentro de los niveles óptimos; al finalizar el experimento todos los valores de los diferentes tratamientos se encontraban dentro de los niveles óptimos. Los resultados y los niveles óptimos para esta propiedad química se pueden apreciar en el Cuadro N° 95.

5.22. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Al inicio, se presentó una diferencia estadística significativa entre los tratamientos T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina), con valores de 1.19 dS/m y 1.05 dS/m, respectivamente. Mediante los correspondientes lavados, realizados a lo largo del experimento con agua de 0.26 dS/m como se muestra en el análisis químico del agua potable en el Cuadro N° 5, fue posible disminuir el valor de la conductividad eléctrica de los diferentes tratamientos, ya que al final, a pesar que hubo diferencia estadística significativa entre los diferentes tratamientos, el valor más alto fue 1.07 dS/m para el tratamiento T2 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de piedra pómez) y el más bajo 0.78 dS/m para el tratamiento T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina). Bunt, citado por Cabrera (1999), indica que para remover las sales del sustrato, es necesario aplicar 1.5 veces la cantidad de agua retenida por el sustrato a capacidad de contenedor.

Ministerio del Medio Ambiente de Chile y ONUDI (2015) señalan que, la conductividad eléctrica del suelo en el extracto saturado para el normal desarrollo de la fresa, debe ser inferior a $1 \text{ mmhos}\cdot\text{cm}^{-1}$ o dS/m. Considerando lo mencionado por los dos autores, a lo largo del experimento, como ya se mencionó, se redujo la CE respecto al inicio mediante lavados, sin embargo solamente los tratamientos T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) en la etapa final del experimento, se encontraban por debajo de este valor. La mejor respuesta a la mayoría de variables evaluadas en el cultivo se obtuvo con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), al inicio con un valor de 1.14 dS/m y al final 0.89 dS/m.

Según Ansorena Miner (1994) los niveles óptimos para la CE se encuentran entre 0.75-3.49 dS/m. Se puede apreciar que, los valores de los diferentes tratamientos al inicio y al final del experimento, se encontraban dentro de los niveles óptimos. Esta propiedad química se puede apreciar en el Cuadro N° 95.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES

1. Se concluye que la mejor respuesta a la variable de prendimiento se obtuvo con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), con 96.16 % de plantas prendidas a los 30 ddt, así como también en las diferentes variables que componen el crecimiento vegetativo (PF y PS de hojas y raíces, longitud radicular y área foliar).
2. En los componentes del rendimiento, se obtuvo los mejores valores con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) : El diámetro ecuatorial 3.30 cm; diámetro polar 3.69 cm; peso del fruto 16.59 g; y 16.18 frutos por planta; este mismo tratamiento también obtuvo el mejor valor en la característica sólidos solubles totales (6.53 ° brix); ya que en las otras características del fruto como la firmeza, el valor más alto lo obtuvo el tratamiento T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) con 0.89 kgf, debido a que presentó frutos de menor diámetro, lo cual incide en una mayor firmeza; el valor más bajo de AT se consiguió con el T5 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de arena fina) con 0.67, ya que se recomienda un bajo porcentaje de ácido cítrico, con este último tratamiento también se obtuvo la mejor relación SST/AT (mejor calidad gustativa) con un valor de 9.39; en el color externo del fruto obtuvieron los mejores resultados los tratamientos T3 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de gravilla) y T4 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de gravilla) ya que mostraron un mejor color rojo (a*), con más brillo (L*), más vivo (C*) y con mejor tonalidad (H), también el mejor color amarillo (b*), este último no es tan importante en fresa, como los cuatro anteriores.
3. El tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) obtuvo el mejor rendimiento: 267.86 g/planta, 7.21 kg/manga y 60715.41 kg/ha; y también

obtuvo buenos porcentajes de categoría de calidad: Extra y primera 36.90 % y 48.67% respectivamente, bajo porcentaje de segunda 11.23 %, y bajo porcentaje de frutos deformes 3.21 %.

4. En las propiedades físicas más importantes como la porosidad de aireación y la capacidad de retención de agua se concluye que, en la Pa: el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina) 21.19 % al inicio y 20.60 % al final, fue el único que se encontraba dentro de los niveles óptimos (entre 10-30 % en volumen). En la Cra: ninguno de los tratamientos se encontraba dentro de los rangos óptimos (55-70 % en vol.), sin embargo se encontró una mejor respuesta a las diferentes variables del cultivo con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), hay que considerar que este mismo tratamiento tampoco se encontraba dentro de los niveles óptimos de Da y Pt, pero sí dentro de los niveles óptimos de Dr; a pesar de ello sus resultados en el cultivo fueron los mejores. Las propiedades químicas como el pH al inicio del experimento, solamente el tratamiento T1 (80 % de cascarilla de arroz y 20 % de piedra pómez) con un valor de 6.24, y al final del experimento todos los tratamientos se encontraban dentro de los niveles óptimos (5.2-6.3). La CE de todos los tratamientos tanto al inicio como al final del experimento se encontraban dentro de los niveles óptimos (0.75-3.49 dS/m), como la fresa es un cultivo sensible a valores por encima de 1 dS/m, la mejor respuesta a la mayoría de variables evaluadas en el cultivo se obtuvo con el tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), con un valor de 1.14 dS/m al inicio, y al final gracias a los lavados con agua, obtuvo un valor 0.89 dS/m.

CAPÍTULO VII

7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar la combinación de sustrato del tratamiento T6 (60 % de cascarilla de arroz y 40 % de arena fina), ya que permite obtener un mejor crecimiento vegetativo, frutos con buenas características y mayores rendimientos por unidad de área.
2. Se recomienda realizar estudios con otros cultivares, de acuerdo a las exigencias del mercado.
3. Realizar estudios con otros sustratos, ya sean puros o combinados, que permitan obtener mejores rendimientos y frutos con buenas características, considerando también el ahorro de agua y nutrientes.
4. Se recomienda que el hoyo de la manga, donde irá introducida la raíz de la planta, sea entre 3 y 3.2 cm de diámetro (1.18” y 1.26”), de ser más pequeño el hoyo, 2.54 cm (1”) como señalan algunos autores, se limita el crecimiento de la planta.

CAPÍTULO VIII

8. REFERENCIA

- Adams, P. 2002. Nutritional control in hydroponics. *In* Savvas, D; Passam, H. (eds.). Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Atenas, Grecia, Embryo Publications. p. 211-261.
- Aguilar-García, L; Escalante-Estrada, JA; Fucikovskyy-Zak, L; Tijerina-Chávez, L; Mark Engleman, E. 2005. Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol (en línea). *Terra Latinoamericana* 23(3):303-310. Consultado 17 jul. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311101001.pdf>.
- Alandia Gerónimo, YR. 2005. Evaluación de sustratos en la producción vertical de tres variedades de frutilla (*Fragaria sp.*) (en línea). Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia, UMSA. 92 p. Consultado 12 jul. 2019. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6022/T-849.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Alcántara González, ML. 2009. Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado (en línea). Tesis Ph.D. Valencia, España, UPV. 225 p. Consultado 14 jul. 2019. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/6473/tesisUPV3131.pdf>.
- Altamirano Hernández, RC. 2014. El cultivo de la fresa para el ciclo otoño-invierno, en California, Estados Unidos de Norte América (en línea). Tesis Ing. Agr. Guadalajara, México, Universidad de Guadalajara. 70 p. Consultado 18 oct. 2018. Disponible en http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/43/Altamirano_Hernandez_Rosa_Celia.pdf?sequence=1.

- Alvarado, MA; Solano, JA. 2002. Producción de sustratos para viveros (en línea). Costa Rica, OIRSA. 47 p. Consultado 18 jul. 2018. Disponible en <http://www.cropprotection.es/documentos/Compostaje/Sustratos-para-Viveros.pdf>.
- Alvarado Raya, HE; Tavera, ME; Mena Nevárez, G; Calderón Zavala, G; López García, R; Salinas Callejas, E. 2014. Crecimiento y producción de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) en sustratos a base de compostas (en línea). In Ramos, M; Tavera Cortes, ME; Quintanilla Domínguez, J; Chaparro, GR; Iglesias Suarez, F (eds.). Tópicos selectos de recursos: desarrollo sustentable y finanzas. Sucre, Bolivia, Ecorfan. p. 50-63. ISBN 9782546876349. Consultado 19 jul. 2019. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=563918>.
- Álvarez, P; Morales, Í. 2007. Guía de cultivo de la frutilla. Riobamba, Ecuador, El Agro. 33 p.
- Álvarez Herrera, JG; Lusardo Rodríguez, S; Chacón, E. 2007. Efecto de diferentes tamaños de esqueje y sustratos en la propagación del romero (*Rosmarinus officinalis* L.) (en línea). Agronomía Colombiana 25(2):224-230. Consultado 26 may. 2019. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/1803/180320296004.pdf>.
- Amézquita Álvarez, MA. 2018. Niveles de “bocashi” y “microorganismos eficaces” en el rendimiento de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) cv. Selva en condiciones de zonas áridas – Irrigación Majes (en línea). Tesis Ing. Agr. Arequipa, Perú, UNSA. 85 p. Consultado 16 jul. 2019. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6141/AGamalma.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Angulo Carmona, R. 2009. Fresa *fragaria ananassa* (en línea). Bogotá, Colombia, Bayer CropScience. 48 p. Consultado 12 oct. 2018. Disponible en https://www.cropscience.bayer.co/~media/Bayer%20CropScience/Peruvian/Country-Colombia-Internet/Pdf/Cartilla-FRESA_baja.ashx.

- Ansorena Miner, J. 1994. Sustratos propiedades y caracterización. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa. 172 p. ISBN 8471144816.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists, Estados Unidos). 1990. Official methods of analysis. 15 ed. Helrich, K (ed.). Virginia, Estados Unidos.
- Arcila Pulgarín, J. s. f. Factores que determinan la productividad del cafetal (en línea). s. n. t. p. 61-86. Consultado 17 may. 2019. Disponible en <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo3.pdf>.
- Argo, WR. 1998. Root medium chemical properties (en línea). Hort Technology 8(4): s. p. Consultado 24 sep. 2019. Disponible en https://swfrec.ifas.ufl.edu/docs/pdf/veg-hort/transplant/trans_media5.pdf.
- Axayacatl, O. 6 nov. 2017. Estadísticas agrícolas de fresa: producción, superficie y rendimiento (en línea, blog). México, Blog Agricultura. Consultado 21 jun. 2018. Disponible en <https://blogagricultura.com/estadisticas-fresa-produccion/>.
- Bañados, MP; Bonomelli, C; Figueroa, R; Gambardella, M; Zaviezo, T; Ávila, B; Sallato, B; Cordovez, G; Villagra, D; Grez, J. 2015. Manual de cultivo de frambuesas y frutillas en Chile (en línea). Chile, Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile. 65 p. Consultado 19 oct. 2018. Disponible en https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-de-cultivo-de-frutilla-en-chile_indap-puc-2015.pdf?sfvrsn=0.
- Baracaldo, AP; Ibagué, A; Flórez, VJ. 2010. Tasas e índices de crecimiento a segundo pico de cosecha en clavel estándar cv. Nelson cultivado en suelo y en sustratos (en línea). Agronomía Colombiana 28(2): s. p. Consultado 22 jul. 2019. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/rt/printerFriendly/18063/37682>.

- Baraona Cockrell, M; Sancho Barrantes, E. 1992. Fruticultura especial: manzana, melocotón, fresa y mora (en línea). San José, Costa Rica, Editorial Universidad Estatal a Distancia. 144 p. ISBN 9977646384. Consultado 21 jun. 2018. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=jouDtxfZu-4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true.
- Baumgarten, A. 2008. Analytical methods for growing media challenges and perspectives. *ISHS Acta Horticulturae* 779:97-104.
- Beltrano, J; Giménez, DO (coords.). 2015. Cultivo en hidroponía (en línea). Buenos Aires, Argentina, EDULP. 180 p. ISBN 9789503412589. Consultado 28 sep. 2018. Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1.
- Benacchio Scotton, S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el trópico americano. Maracay, Venezuela, Ministerio de Agricultura y Cría. 202 p.
- Bolda, M; Dara, SK. 2015. Manual de producción de fresa para los agricultores de la costa central (En línea). 2 ed. Dara, SK; Faber, B; Bolda, M; Fallon, J; Sánchez, M; Peterson, K (eds.); de Soto, J (trad.). Estados Unidos, Mimeo. 80 p. Consultado 14 oct. 2018. Disponible en <http://cesantabarbara.ucanr.edu/files/228580.pdf>.
- Bolda, M; Daugovish, O; Koike, S. 2017. Antracnosis de la fresa (en línea). California, Estados Unidos, California Strawberry Commission. 6 p. Consultado 18 oct. 2018. Disponible en <http://ucanr.edu/blogs/fresamora/blogfiles/47936.pdf>.
- Bonet Gigante, J. 2010. Desarrollo y caracterización de herramientas genómicas en *Fragaria* diploide para la mejora del cultivo de fresa (en línea). Tesis Ph.D.

Barcelona, España, Universidad Autónoma de Barcelona. 231 p. Consultado 11 jul. 2018. Disponible en <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/42009/jbg1de1.pdf;jsessionid=0652FF37FF1A2F6EE7F557EB6DA54307?sequence=1>.

Bosques Vargas, JH. 2010. Curso básico de hidroponía (en línea). Moca, Puerto Rico, Imprenta Lulu. 198 p. ISBN 9780557456994. Consultado 28 sep. 2018. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=GV_XAQAQBAJ&printsec=frontcover&dq=desventajas+de+la+hidroponia++pdf&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj5steHgcLcAhUF2IMKHZWHALEQ6AEILzAB#v=onepage&q&f=true.

Burés Pastor, O. 1985. Características de los sustratos (en línea). *Horticultura* (20):21-24. Consultado 27 sep. 2019. Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_1985_20_21_24.pdf.

Burés Pastor, S. 1995. Porosidad en sustratos (en línea). *Horticultura* (103):29-31. Consultado 12 sep. 2019. Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_1995_103_29_31.pdf.

Burés Pastor, S. 2002. Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas. *Horticultura* (1):70-79.

Cabrera, RI. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta (en línea). *Revista Chapingo (Serie Horticultura)* 5(1):5-11. Consultado 11 ago. 2018. Disponible en <https://www.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchshV741.pdf>.

Cabrera, RI; Johnson, JR. c2014. *Fundamentals of container media management*, 1: container media characteristics (en línea). Nueva Jersey, Estados Unidos, Rutgers. s. p. Consultado 29 jun. 2018. Disponible en <https://njaes.rutgers.edu/fs812/>.

- Calderón Medellín, LA; Angulo Rivera, DC; Rodríguez Caicedo, D; Grijalba Rativa, CM; Pérez Trujillo, MM. 2013. Evaluación de materiales para el acolchado de la fresa cultivada bajo invernadero. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* 9(1):8-19.
- Calderón Sáenz, F; Cevallos, F. 2001. Los sustratos (en línea). Bogotá, Colombia, s. e. Consultado 11 sep. 2019. Disponible en http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm.
- Calderón Zaragoza, E. 2005. II curso básico de multiplicación de plantas (en línea). s. n. t. 29 p. Consultado 23 jul. 2019. Disponible en <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:4dOmayYG90MJ:https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/-/action/90004fc0-93fe-11df-8d8b-f26108bf46ad/e5747030-1bb8-11df-b7e2-35c8dbbe5a83/es/02f9e190-faff-11e0-929f-f77205134944/alfrescoDocument%3Fi3pn%3DcontenidoAlf%26i3pt%3DS%26i3l%3Des%26i3d%3De5747030-1bb8-11df-b7e2-35c8dbbe5a83%26contentId%3D5bdfb515-ba39-439a-b2e9-7f43dc869bb4+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>.
- Cámara de Comercio de Bogotá, Colombia; Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial, Colombia; Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial, Colombia. 2015. Manual fresa (en línea). Bogotá, Colombia. 62 p. Consultado 18 oct. 2018. Disponible en <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14312/Fresa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Casierra-Posada, F; Peña-Olmos, JE; Vargas-Martínez, AF. 2011. Propiedades físicoquímicas de fresas (*Fragaria sp*) cultivadas bajo filtros fotoselectivos (en línea). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 64(2):6221-6228. Consultado 11 jul. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n2/v64n2a19.pdf>.

- Caso Ramos, CS. 2001. Evaluación de sustratos sobre el crecimiento de fresas hidropónicas. Tesis Biól. Lima, Perú, UNALM. 107 p.
- Castillejo Álvarez, LE. 2011. Aplicación de *Azospirillum* y su efecto en la calidad y rendimiento de fresa (*Fragaria x ananassa*) var. Albion cultivada en invernadero (en línea). Tesis M.Sc. Michoacán, México, Instituto Politécnico Nacional. 77 p. Consultado 21 may. 2019. Disponible en <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/11116/37.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Chaves, N; Wang, A. 2004. Combate del moho gris (*Botrytis cinerea*) de la fresa mediante *Gliocladium roseum* (en línea). Agronomía Costarricense 28(2):73-85. Consultado 11 jun. 2018. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_agr/v28n02_073.pdf.
- Chen López, J. 2018. La estructura del sustrato influye en la capacidad de retención de agua (en línea). s. l., Pro-Mix. Consultado 23 oct. 2018. Disponible en <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-estructura-del-sustrato-influye-en-la-capacidad-de-retencion-de-agua/>.
- Chiqui Chiqui, FA; Lema Cumbe, ML. 2010. Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (*Fragaria sp*) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacios, Cantón Cuenca (en línea). Tesis Ing. Agrop. Ind. Cuenca, Ecuador, UPS. 101 p. Consultado 22 oct. 2018. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4745/1/UPS-CT001855.pdf>.
- Cochi Rivas, RF. 2017. Evaluación del comportamiento agronómico de la frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.) en cultivos verticales bajo dos densidades de plantación y tres niveles de humus de lombriz en la estación experimental de Cota Cota (en línea). Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia, UMSA. 90 p. Consultado 20 oct.

2018. Disponible en <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/13313/T-2420.pdf?sequence=1>.

Darrow, GM. 1966. The strawberry: history, breeding and physiology (en línea). Estados Unidos, The New England Institute for Medical Research. 447 p. Consultado 19 Ago. 2018. Disponible en https://specialcollections.nal.usda.gov/specialcollections/collectionsguide/darrow/Darrow_TheStrawberry.pdf.

Dávalos González, PA; Aguilar García, R; Jofre y Garfias, AE; Hernández Razo, AR; Vázquez Sánchez, MN. 2011. Tecnología para sembrar viveros de fresa. México, INIFAP. 156 p. ISBN 9786074256154.

De la Rosa-Rodríguez, R; Lara-Herrera, A; Padilla-Bernal, LE; Avelar-Mejía, JJ; España-Luna, MP. 2018. Proporción de drenaje de la solución nutritiva en el rendimiento y calidad de tomate en hidroponía (en línea). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 20:4343-4353. Consultado 21 jul. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9nspe20/2007-0934-remexca-9-spe20-4343.pdf>.

Díaz, A. s. f. Medio de cosecha para plantaciones de frutilla hidropónica. Tesis Dis. Ind. Chile, Universidad de Chile. 80 p. Consultado 29 jun. 2018. Disponible en http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/diaz_a/sources/Medio%20de%20Cosecha%20para%20Plantaciones%20de%20Frutilla%20Hidrop%20nica%20con%20planos%20inc..pdf.

Dilger, D. 1998. Container substrate and irrigation. *The Woody Ornamentalist* 23(1):1-2.

Domene Ruiz, MÁ; Segura Rodríguez, M. 2014. Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria (en línea). s. l., Cajamar. 18 p.

Consultado 17 ago. 2019. Disponible en <http://chilorg.chil.me/download-doc/86426>.

Domínguez Morales, P. 2012. Evaluación agronómica de selecciones avanzadas del Programa Nacional de Mejora Genética de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), en diferentes sistemas de cultivo y valoración de parámetros de calidad del fruto (en línea). Tesis Ph.D. Córdoba, España, UCO. 382 p. Consultado 15 jul. 2019. Disponible en <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/8275/2012000000639.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Escalante Estrada, JA. 1999. Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno (en línea). Terra 17(2):149-157. Consultado 11 ago. 2019. Disponible en <https://chapingo.mx/terra/contenido/17/2/art149-157.pdf>.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2017. FAOSTAT: cultivos (en línea). s. l. Consultado 21 jun. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/?#data/QC>.

Ferriol Marchena, X. 2010. Propiedades nutritivas y otras curiosidades de la fresa (en línea). Revista CitriFrut 27(2):72-74. Consultado 11 jul. 2018. Disponible en http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_citrifruta/Citrus%20%202010/RCA11_27_2_%202010.pdf.

Fischer, G; Angulo, R. 1999. Los frutales de clima frío en Colombia. Ventana al Campo Andino 2(1):3-6.

Fraile-Robayo, AL; Álvarez-Herrera, JG; Deaquiz-Oyola, YA. 2012. Efecto de las giberelinas en la propagación de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo diferentes sustratos enriquecidos con fertilizante (en línea). Revista Colombiana de Ciencias

Hortícolas 6(1):41-54. Consultado 26 jul. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v6n1/v6n1a05.pdf>.

García, MC; Calvo, D; Molina, JM. 2011. Ensayos de control biológico de araña roja y trips en el cultivo de la fresa en Huelva. *Vida Rural* (336):36-39.

García, O; Alcántar, G; Cabrera, RI; Gavi, F; Volke, V. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta (en línea). *Terra Latinoamericana* 19(3):249-258. Consultado 23 sep. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319306.pdf>.

García Suárez, MD. 2010. Fresa: *fragaria x ananassa* Duch. (Rosaceae) (en línea). México, Tecnoagro. s. p. Consultado 28 sep. 2018. Disponible en <https://tecnoagro.com.mx/no.-57/fresa-fragaria-x-ananassa-duch-rosaceae>.

Gargurevich Pazos, G. 2017. La hora de las fresas (en línea). Perú, Redagrícola. s. p. Consultado 20 jun. 2018. Disponible en <http://www.redagricola.com/pe/la-hora-las-fresas/>.

Gilsanz, JC. 2007. Hidroponía: cultivos sin suelo (en línea). Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología (ed.). Montevideo, Uruguay, INIA. 32 p. Consultado 20 jun. 2018. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/1788121007155745.pdf>.

González Araiza, JR. 2014. Impedancia bio-eléctrica como técnica no destructiva para medir la firmeza de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) y su relación con técnicas convencionales (en línea). Tesis Ph.D. Valencia, España, UPV. 258 p. Consultado 15 jul. 2019. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/37513/GONZALEZ%20-%20IMPEDANCIA%20BIO-EL%20CTRICA%20COMO%20T%20CNICA%20NO->

DESTRUCTIVA%20PARA%20MEDIR%20LA%20FIRMEZA%20DE%20LA%20FRESA....pdf;jsessionid=192C41498852A732289D341FDA963FD6?sequence=1.

González Fuentes, JA; Evans, RY; López-Cervantes, R; Benavides-Mendoza, A; Cabrera De la Fuente, M. 2016. Las propiedades físicas del sustrato de crecimiento afectan el desarrollo de la fresa cultivar 'Albion' (en línea). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (17):3607-3621. Consultado 23 jul. 2019. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263149506018.pdf>.

Google Earth, Estados Unidos. c2019. Huasacache, Arequipa, Perú. s. l. s. esc. Color.

Gutiérrez-Castorena, MC; Hernández Escobar, J; Ortiz-Solorio, CA; Anicua Sánchez, R; Hernández Lara, ME. 2011. Relación porosidad-retención de humedad en mezclas de sustratos y su efecto sobre variables respuesta en plántulas de lechuga (en línea). *Revista Chapingo (Serie Horticultura)* 17(3):183-196. Consultado 27 may. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rchsh/v17n3/v17n3a10.pdf>.

Guzmán Díaz, G. 2004. Hidroponía en casa: una actividad familiar (en línea). San José, Costa Rica, MAG. 25 p. Consultado 11 oct. 2018. Disponible en <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/Hidroponia.pdf>.

Hancock, JF. 1999. *Strawberries*. Nueva York, Estados Unidos, CABI Publishing. 237 p. ISBN 0851993397.

Herrera Gómez, JC. 2011. Evaluación de los sustratos: fibra de coco, compost: arena, compost: arena: suelo: casulla de arroz para producción de crisantemo (*Dendratherma × grandiflorum kitamura*) en macrotúnel. Tesis Ing. Agr. Honduras, Zamorano. 18 p. Consultado 18 jul. 2018. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/450/1/Copia%20de%20T3108.pdf>.

- Husaini, AM; Neri, D. 2016. Strawberry: growth, development and diseases (en línea). London, UK, CABI. 313 p. ISBN 13:9781780646633. Consultado 11 jul. 2018. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=iAauDQAAQBAJ&pg=PA1&lpg=PA1&dq=strawberry+taxonomy+2016&source=bl&ots=PdEhGI63kD&sig=54VUPd9DoCFm_fwKu99TMsO3nyk&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwizrYyS6ZrRAhWGYiYKHdbrB1wQ6AEIaDAN#v=onepage&q&f=true.
- Hydroenvironment, México. 2018a. Guía para el cultivo de fresa (en línea). México. Consultado 18 oct. 2018. Disponible en https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=290.
- Hydroenvironment, México. 2018b. Tipos de sustratos para hidroponía (en línea). México. Consultado 28 oct. 2018. Disponible en https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=101.
- IGEO (Instituto de Geociencias, España). s. f. Clasificación de las rocas (en línea). España, Ciudad Ciencia. 6 p. Consultado 19 oct. 2018. Disponible en http://www.ciudadciencia.es/doc/files/FICHA_CLASIFICACION%20DE%20ROCAS_CC.pdf.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2017. Manual de buenas prácticas agrícolas y de producción para el cultivo de la fresa (en línea). San José, Costa Rica. 74 p. Consultado 11 oct. 2018. Disponible en <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/2932/1/BVE17058869e.pdf>.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Perú); Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias. 2014. Frutas. Fresas. Norma técnica peruana NTP 0.11.011:1975 (revisada el 2014). Lima, Perú. 18 dic. (10 p.).

- Inden, H; Torres, A. 2004. Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes (en línea). ISHS Acta Horticulturae 205-210. Consultado 28 jun. 2018. Disponible en https://www.actahort.org/books/644/644_27.htm.
- Infoagro, Perú. s. f. El cultivo de la fresa (en línea). s. 1. Consultado 28 sep. 2018. Disponible en http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_fresa.asp.
- Infoagro, México. 2017a. Las propiedades de los sustratos de cultivo (en línea). México. Consultado 21 sep. 2018. Disponible en <https://infoagro.com/mexico/las-propiedades-de-los-sustratos-de-cultivo/>.
- Infoagro, México. 2017b. Tipos de sustratos de cultivo (en línea). México. Consultado 29 sep. 2018. Disponible en <https://infoagro.com/mexico/tipos-de-sustratos-de-cultivo/>.
- Infoagrónomo, México. 2010. Cultivo en grava en sistemas hidropónicos (en línea). México. Consultado 28 oct. 2018. Disponible en <https://infoagronomo.net/cultivo-en-grava-en-sistemas-hidroponicos/>.
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria, Perú). 2016. Laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas, estación experimental-Arequipa INIA. Arequipa, Perú. (1 p.).
- Irigoyen, JN; Cruz Vela, MA. 2005. Guía técnica de semilleros y viveros frutales (en línea). Escobar de León, J; Alas, FA (eds.). Santa Tecla, El Salvador, MAG. 38 p. Consultado 19 oct. 2018. Disponible en <http://repiica.ica.int/docs/B0507e/B0507e.pdf>.
- Jacobs, S (trad.). 2013. Notas entomológicas: moscas del vinagre (en línea). Pensilvania, Estados Unidos, Universidad de Pennsylvania. (2 p.). Consultado 19 oct. 2018.

Disponible en <https://ento.psu.edu/extension/factsheets/pdf/spanish-pdfs/VinegarFliesSp.pdf>.

Jara Peña, EE. 1999. Evaluación de soluciones hidropónicas para la producción de "fresa" *Fragaria x ananassa* Duchesne Cv. Chandler (en línea). Tesis Biól. Lima, Perú, UNMSM. 69 p. Consultado 28 ago. 2019. Disponible en <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/6270?show=full>.

Jiménez Mejías, R; Caballero Ruano, M. 1990. El cultivo industrial de plantas en maceta (en línea). Reus, España, Ediciones de Horticultura. 664 p. ISBN 84877290 02. Consultado 11 sep. 2019. Disponible en http://jardinbotanico.montevideo.gub.u y/sites/jardinbotanico.montevideo.gub.u y/files/articulos/descargas/cultivo_industria l_plantas_macetas.pdf.

Jiménez Sevilla, L. 5 jun. 2016. Propiedades y usos de la pumita (en línea, blog). s. l., Blogia. Consultado 26 oct. 2018. Disponible en <http://biojcosta.blogia.com/2016/06 0507-propiedades-y-usos-de-la-pumita.php>.

Juárez-Rosete, CR; Rodríguez-Mendoza, MN; Sandoval-Villa, M; Muratalla-Lúa, A. 2007. Comparación de tres sistemas de producción de fresa en invernadero (en línea). *Terra Latinoamericana* 25(1):17-23. Consultado 21 sep. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/573/57311513003.pdf>.

Kader, AA. 1991. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry (en línea). In Dale, A; Luby, JJ. (eds.). *The strawberry into the 21st*. Portland, Estados Unidos, Timber Press. p. 145-152. Consultado 18 jun. 2019. Disponible en <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-548.pdf>.

Kops, J; Van Hall, HC. 1844. *Flora batava of afbeelding en beschrijving van nederlands che gewassen* (en línea). 8 pt. Amsterdam, Holanda, Bibliotheek der Landbouw

Hoogeschool. 339 p. Consultado 11 jul. 2018. Disponible en http://www.biolib.de/batava/band8/kops_flora_batava8.pdf.

León Carrasco, JC. 2017. Exportaciones de fresas de Perú caerían 21.7% este año (en línea). Lima, Perú, Agencia Agraria de Noticias. Consultado 21 jun. 2018. Disponible en <http://agraria.pe/noticias/exportaciones-de-fresas-de-peru-caerian-217-este-ano-15373>.

Llumiquina Quishpe, PA. 2017. Evaluación de fertilización mineral y órgano/mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla *Fragaria x ananassa* (Weston) Duchesne; variedad Albión (en línea). Tesis Ing. Agr. Quito, Ecuador, UCE. 69 p. Consultado 18 oct. 2018. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9674/1/T-UCE-0004-17.pdf>.

López Acosta, FJ; Guío Tenjo, NR; Fischer, G; Miranda Lasprilla, D. 2008. Propagación de uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante diferentes tipos de esquejes y sustratos (en línea). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 61(1):4347-4357. Consultado 28 jul. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v61n1/a11v61n1.pdf>.

López Aranda, JM. 2008. El cultivo de la fresa en Huelva: características botánico-morfológicas de la fresa cultivada (en línea). In Consejería de Agricultura y Pesca (ed.). La fresa de Huelva. España, Servicio de Publicaciones y Divulgación. p. 106-108. ISBN 8484742229. Consultado 19 ago. 2018. Disponible en https://www.junta.deandalucia.es/export/drupaljda/1337161077LIBRO_FRESA_HUELVA.pdf.

López Pérez, L; Cárdenas Navarro, R; Lobit, P; Martínez Castro, O; Escalante Linares, O. 2005. Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en hidroponía (en línea). Revista Fitotecnia Mexicana 28(2):171-174. Consultado 21 may. 2019. Disponible en <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/28-2/11a.pdf>.

- López-Valencia, D; Sánchez-Gómez, M; Acuña-Caita, JF; Fischer, G. 2018. Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración (en línea). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 19(1):147-162. Consultado 13 jun. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v19n1/0122-8706-ccta-19-01-00147.pdf>.
- Marfà i Pagés, O. 1995. La física de sustratos: algunas perspectivas y desarrollos actuales (en línea). *Horticultura* 103:33-35. Consultado 14 jul. 2019. Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_1995_103_33_35.pdf.
- Maroto Borrego, JV. 2008. Elementos de horticultura general: especialmente aplicada al cultivo de plantas de consistencia herbácea. 3 ed. rev. y ampl. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa. 482 p. ISBN 9788484763413.
- Márquez Domínguez, JA. 2008. El marco geográfico de los campos de fresa: condicionantes ambientales (en línea). In *Consejería de Agricultura y Pesca* (ed.). *La fresa de Huelva*. España, Servicio de Publicaciones y Divulgación. p. 49-102. ISBN 8484742229. Consultado 17 jul. 2019. Disponible en https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337161077LIBRO_FRESA_HUELVA.pdf.
- Martínez, FE; Sarmiento, J; Fischer, G; Jiménez, F. 2008. Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) (en línea). *Agronomía Colombiana* 26(3):389-398. Consultado 27 ago. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180314731003.pdf>.
- Martínez Bolaños, M; Nieto Angel, D; Téliz Ortiz, D; Rodríguez Alcazar, J; Martínez Damian, MT; Vaquera Huerta, H; Carrillo Mendoza, O. 2008. Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares mexicanos y

estadounidenses (en línea). Revista Chapingo (Serie Horticultura) 14(2):113-119. Consultado 13 jul. 2019. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000200003.

Martínez Soto, G; Mercado Flores, J; López Orozco, M; Prieto Velásquez, BZ. s. f. Propiedades fisicoquímicas de seis variedades de fresa (*Fragaria ananassa*) que se cultivan en Guanajuato (en línea). Guanajuato, México, Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato. (8 p.). Consultado 13 jul. 2019. Disponible en <http://respyn2.uanl.mx/especiales/2008/ee-08-2008/documentos/A071.pdf>.

Marulanda, C; Izquierdo, J. 2003. La huerta hidropónica popular (en línea). 3 ed. ampl. y rev. Santiago, Chile, FAO. 131 p. Consultado 30 jun. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ah501s.pdf>.

Medina-Bolívar, JS; Pinzón-Sandoval, EH; Cely, GE. 2016. Efecto de sustratos orgánicos en plantas de fresa (*Fragaria sp.*) cv 'Albion' bajo condiciones de campo. Revista Ciencia y Agricultura 13(2):19-28.

Mena Chacón, LM; Sarmiento Sarmiento, GJ; Camargo Salcedo, P. 2017. Impacto del abonamiento integral en el rendimiento y calidad de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Selva bajo sistema de riego por goteo y cobertura plástica (en línea). Scientia Agropecuaria 8(4):357-366. Consultado 24 ago. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v8n4/a07v8n4.pdf>.

Mendonça Freitas, MS; Monnerat, PH; da Rocha Pinho, LG; Cordeiro de Carvalho, AJ. 2006. Deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro doce: qualidade dos frutos (en línea). Revista Brasileira de Fruticultura 28(3):492-496. Consultado 27 jul. 2019. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452006000300033.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, Perú); Serie de Estadísticas de Producción Agrícola. s. f. Resultados de la consulta a la base de datos de la DGESEP (cultivos) (en línea). Perú. Consultado 21 jun. 2018. Disponible en <http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=salida>.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, Perú). 2008. Estudio de la fresa en el Perú y el mundo (en línea). Lima, Perú. 24 p. Consultado 19 jun. 2018. Disponible en http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/estudio_fresa.pdf.

Ministerio del Medio Ambiente de Chile; ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, Austria). 2015. Cultivo de frutilla, en una realidad sin bromuro de metilo en Chile (en línea). Unidad Ozono del Ministerio del Medio Ambiente de Chile (coord.). Chile. 149 p. Consultado 15 oct. 2018. Disponible en https://www.unido.org/sites/default/files/2016-11/straw_0.pdf.

Molina, E; Salas, R; Castro, A. 1993. Curva de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. Cv. Chandler) en Alajuela (en línea). *Agronomía Costarricense* 17(1):67-73. Consultado 26 may. 2019. Disponible en https://www.mag.go.cr/rev_agr/v17n01_067.pdf.

Montero, TM; Mollá, EM; Esteban, RM; López-Andréu, FJ. 1996. Quality attributes of strawberry during ripening. *Scientia Horticulturae* 65:239-250.

Mora, L. s. f. Sustratos para cultivos sin suelo o hidroponía (en línea). Congreso Agronómico Nacional y de Recursos Naturales (11, 1999, San José, Costa Rica). Costa Rica, MAG. p. 95-100. Consultado 28 oct. 2018. Disponible en http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_095.pdf.

- Morales, CG; Riquelme, J; Hirzel, J; France, A; Pedreros, A; Uribe, H; Abarca, P. 2017. Manual de manejo agronómico de la frutilla (en línea). Morales, CG (ed.). Santiago, Chile, INIA. 100 p. Consultado 12 ago. 2019. Disponible en <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/17%20Manual%20Frutilla.pdf>.
- Morard, P; Silvestre, J. 1996. Plant injury due to oxygen deficiency in the root environment of soilless culture: a review. *Plant and Soil* 184(2):243-254.
- Moscoso Gutiérrez, KE. 2011. Estudio comparativo de cuatro tipos de sustratos en mangas verticales de hidroponía con el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) cultivar Oso Grande, Hunter – Arequipa. Tesis Ing. Agr. Arequipa, Perú, UCSM. 158 p.
- Navarro Castillo, JA. 2001. Sistema de cultivo sin suelo en soporte suspendido (en línea). *Horticultura* (151):37-42. Consultado 18 jun. 2018. Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_2001_151_37_42.pdf.
- Nunes Damaceno, M. 2007. Caracterización y procesado de kiwi y fresa cultivados por diferentes sistemas (en línea). Tesis Ph.D. Santiago de Compostela, España, Universidad de Santiago de Compostela. 243 p. Consultado 18 oct. 2018. Disponible en https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/2317/9788497508643_content.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Oasis Easy Plant, México. 2017?. Manual de hidroponía (en línea). México. 28 p. Consultado 28 oct. 2018. Disponible en http://www.oasiseasyplant.mx/wp-content/uploads/2017/04/Manual-de-hidroponia_Media.pdf.
- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, Costa Rica). 2002. Producción de sustratos para viveros (en línea). Costa Rica. 47 p. Consultado

14 sep. 2018. Disponible en <http://www.cropprotection.es/documentos/Compostaje/Sustratos-para-Viveros.pdf>.

Ordaz Chaparro, V. 2010. Caracterización física de sustratos (en línea). Texcoco, México, Colegio de Postgraduados. (39 p.). Consultado 28 oct. 2018. Disponible en <http://www.cm.colpos.mx/montecillo/images/SUSTRATOS/02.pdf>.

Ordóñez, C; Gómez, H; Ordóñez, HR; Lagos, TC. 2012. Evaluación de un sistema de propagación vegetativa mediante esquejes en lulo silvestre *Solanum hirtum* Vahl, *S. marginatum* L.f., *S. sessiliflorum* Dun, *S. mammosum* L. y *S. umbellatum* Mill (en línea). Revista de Ciencias Agrícolas 29(1):29-41. Consultado 11 jun. 2019. Disponible en <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:jmpbarmkpIAJ:https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo%3Fcodigo%3D5104107+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>.

Orihuela, DL; Martínez, F; Hernández, JC; Tornos, P. s. f. Detección de *Phytophthora cactorum* en oxifertirrigación de fresa (en línea). UHU:76-80. Consultado 22 oct. 2018. Disponible en <http://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2059.%20X%20Jornadas%20del%20Grupo%20de%20Sustratos/Comunicaciones/Detecci%C3%B3n%20de%20Phytophthora%20cactorum%20en%20oxifertirrigaci%C3%B3n%20de%20fresa.pdf>.

Ortega Martínez, LD; Martínez Valenzuela, C; Ocampo Mendoza, J; Sandoval Castro, E; Pérez Armendáriz, B. 2016. Eficiencia de sustratos en el sistema hidropónico y de suelo para la producción de tomate en invernadero (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(3):643-653. Consultado 27 jun. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/html/2631/263145554014/>.

- Ortiz, M. 2017. La hidroponía crecerá de la mano de la exportación (en línea). Perú, Redagícola. s. p. Consultado 24 jun. 2018. Disponible en <http://www.redagricola.com/pe/la-hidroponia-crecera-la-mano-la-exportacion/>.
- Ortiz Arandia, G. 2015. Comportamiento de un fulvato de potasio y magnesio en la calidad de la fresa (en línea). Tesis Ing. Agríc. y Amb. Coahuila, México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 30 p. Consultado 24 jun. 2018. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7425/T20613%20ORTIZ%20ARANDIA%2C%20%20GUSTAVO%20%2063657.pdf?sequence=1>.
- Osorio, NW. 2012. pH del suelo y disponibilidad de nutrientes (en línea). Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal 1(4):1-4. Consultado 20 sep. 2019. Disponible en <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>.
- Pacheco, E. 2001. Guía para el manejo del cultivo de la fresa (en línea). Colombia, s. e. 4 p. Consultado 12 oct. 2018. Disponible en <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4905/1/Guia%20cultivo%20de%20fresa.pdf>.
- Pardossi, A; Carmassi, G; Diara, C; Incrocci, L; Maggini, R; Massa, D. 2011. Fertigation and substrate management in closed soilless culture (en línea). Pisa, Italia, University of Pisa. 63 p. Consultado 27 ago. 2019. Disponible en https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ykgv8GjFxnEJ:https://www.wur.nl/upload_mm/8/c/0/aa4b4486-a9db-429f-8b03-f19d4cec3ee6_Fertigation%2520and%2520Substrate%2520Management%2520in%2520Closed%2520Soilless%2520Culture.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe.

- Pastor Sáez, JN. 1999. Utilización de sustratos en viveros (en línea). Terra Latinoamericana 17(3):231-235. Consultado 21 jun. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>.
- Paye Huaranca, V. s. f. Manual de hidroponía: historia de la hidroponía (en línea). s. n. t. p. 16-18. Consultado 11 oct. 2018. Disponible en <https://es.scribd.com/doc/131358822/Hidroponia-de-altura-pdf>.
- Pérez de Camacaro, M; Ojeda, M; Mogollón, N; Giménez, A. 2013. Efecto de diferentes sustratos y ácido giberélico sobre el crecimiento, producción y calidad de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) CV. Camarosa (en línea). Bioagro 25(1):31-38. Consultado 30 jul. 2019. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/857/85726736007.pdf>.
- Pérez León, JM. 2011. Manual para determinar la calidad del agua para riego agrícola (en línea). Xalapa de Enríquez, México, Universidad Veracruzana. 41 p. Consultado 22 jul. 2018. Disponible en <https://studylib.es/doc/6912358/manual-para-determinar-la-calidad-del-agua-para-riego-agr...>
- Pérez Rubio, AG; Sanz Martínez, C. 2008. Técnicas de poscosecha, manejo, almacenamiento y transporte de frutos: composición química y factores de calidad de la fresa (en línea). In Consejería de Agricultura y Pesca (ed.). La fresa de Huelva. España, Servicio de Publicaciones y Divulgación. p. 223-248. ISBN 8484742229. Consultado 14 jul. 2019. Disponible en https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337161077LIBRO_FRESA_HUELVA.pdf.
- Phytoma, España. 2018. OIDIO (*Podosphaera aphanis*) (en línea). España. Consultado 22 sep. 2018. Disponible en <https://www.phytoma.com/sanidad-vegetal/avisos-de-plagas/oidio-podosphaera-aphanis>.

- Pilares Valencia, EB; Condo Mamani, P; Jihuallanca, CY. 2010. Comportamiento de la fresa silvestre cultivada en un sistema de columnas verticales para condiciones del centro agronómico k'ayra (en línea). Cusco, UNSAAC. (25 p.). Consultado 19 oct. 2018. Disponible en <https://es.scribd.com/doc/98766104/2-1-B-cultivo-Vertical-de-Fresa-Propagacion-de-Plantas>.
- Pire, R; Pereira, A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado lara, Venezuela: propuesta metodológica (en línea). *Bioagro* 15(1):55-64. Consultado 18 ago. 2019. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/857/85715107.pdf>.
- Pop, DF; Mitre, V; Balcău, SL; Gocan, TM; Tripon, AF. 2013. Mulch and fertilizer effect on vitamin C concentration and acidity in strawberries (en línea). *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology* 17(2):26-30. Consultado 19 jul. 2019. Disponible en [https://journal-hfb.usab-tm.ro/engleza/2013/Lista%20Lucrari%20PDF/Volum%2017\(2\)%20PDF/6POP%20Delia.pdf](https://journal-hfb.usab-tm.ro/engleza/2013/Lista%20Lucrari%20PDF/Volum%2017(2)%20PDF/6POP%20Delia.pdf).
- Prada, A; Cortés, C. 2010. La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral (en línea). *Orinoquia* 14 supl. 1:155-170. Consultado 28 jun. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v14s1/v14s1a13.pdf>.
- Pradas Baena, I; Medina Mínguez, JJ; Ortiz Somovilla, V; Moreno Rojas, JM. 2015. Caracterización organoléptica y nutraceútica de cinco variedades de fresa (en línea). Córdoba, España, Consejería de Agricultura, pesca y desarrollo rural. 19 p. Consultado 14 jul. 2019. Disponible en <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:DsSHH4FRrs8J:https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/-/action/90004fc0-93fe-11df-8d8b-f26108bf46ad/e5747030-1bb8-11df-b7e2-35c8dbbe5a83/es/02f9e190-faff-11e0-929f->

f77205134944/alfrescoDocument%3Fi3pn%3DcontenidoAlf%26i3pt%3DS%26i3l%3Des%26i3d%3De5747030-1bb8-11df-b7e2-35c8dbbe5a83%26contentId%3D9a28d2e0-3a53-4c49-a787-563e83c292e5+&cd=11&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe.

Principales plagas de la fresa y métodos de control recomendados (en línea, blog). 9 feb. 2017. Yucatán, México, ERP Agrícola. Consultado 24 ago. 2018. Disponible en <http://sistemaagricola.com.mx/blog/control-principales-plagas-de-la-fresa/>.

Pymederal, Honduras. c2011. Producción orgánica de hortalizas de clima templado: plántulas de invernadero (en línea). Tegucigalpa, Honduras. 35 p. Consultado 25 jun. 2019. Disponible en <https://www.metrocert.com/files/plantulas%20de%20invernadero.pdf>.

Qi, WZ; Liu, HH; Liu, P; Dong, ST; Zhao, BQ; So, HB; Li, G; Liu, HD; Zhang, JW; Zhao, B. 2012. Morphological and physiological characteristics of corn (*Zea mays* L.) roots from cultivars with different yield potentials. *European Journal of Agronomy* 38:54-63.

Quishpe Gordón, JP. 2013. Evaluación de la repuesta de la frutilla (*Fragaria dioica.*) al sistema de cultivo semihidropónico en el Quinche-Pichincha 2012 (en línea). Tesis Ing. Agp. Quito, Ecuador, UPS. Consultado 12 jul. 2019. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5066/6/UPS-YT00157.pdf>.

Raviv, M; Wallach, R; Silber, A; Bar-Tal, A. 2002. Substrates and their analysis. *In* Savvas, D; Passam, H. (eds.). *Hydroponic production of vegetables and ornamentals*. Atenas, Grecia, Embryo Publications. p. 25-102.

Restrepo Fernández, JI. 2009. Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel

mucilaginoso de penca de sábila (*Aloe barbadensis* Miller) (en línea). Tesis Mg. C y TAL. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 83 p. Consultado 14 jul. 2019. Disponible en <http://bdigital.unal.edu.co/1822/1/98556225.2009.pdf>.

Reyes Muñoz, M; Zschau Villagrán, B (eds.). 2012. Frutilla, consideraciones productivas y manejo (en línea). Boletín INIA 252:17-74. Consultado 20 oct. 2018. Disponible en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38765.pdf>.

Rodríguez Delfín, A. 2011?. Sistema de columnas: cultivo de fresa (en línea). Lima, Perú, UNALM. (62 p.). Consultado 22 oct. 2018. Disponible en <http://www.cm.co.lpos.mx/2010/images/principal/tema4.pdf>.

Rodríguez-Fernández, PA. 2017. Impacto de los residuos orgánicos sobre algunos indicadores del crecimiento y productividad de la malanga (*Xanthosoma sagittifolium*, Schott) (en línea). Ciencia en su PC (2):59-70. Consultado 28 jun. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/1813/181351615004.pdf>.

Rodríguez Laguna, R. 2010. Manual de prácticas de viveros forestales (en línea). Pachuca, México, UAEH. 52 p. Consultado 21 jun. 2019. Disponible en https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI_IntGenAmb/Rodri_Laguna/2.pdf.

Sahin, U; Ors, S; Ercisli, S; Anapali, O; Esitken, A. 2005. Effect of pumice amendment on physical soil properties and strawberry plant growth. Journal Central European Agriculture 6(3):361-366.

Salas, C; Quiroz, C; Puelles, J. 2016. Plagas del tomate: pulgones (en línea). Santiago de Chile, Chile, INIA La Platina. (2 p.). Consultado 12 oct. 2018. Disponible en http://www.inia.cl/wp-content/uploads/FichasTecnicas/INIAIntihuasi/FT_05_15.pdf.

- Sánchez-Del Castillo, F; Moreno-Pérez, EC; Pineda-Pineda, J; Osuna, JM; Rodríguez-Pérez, JE; Osuna-Encino, T. 2014. Producción hidropónica de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) con y sin recirculación de la solución nutritiva (en línea). *Agrociencia* 48:185-197. Consultado 14 jul. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v48n2/v48n2a5.pdf>.
- Santoyo Juárez, JA; Martínez Alvarado, CO. 2011. Paquete tecnológico para la producción de fresa. Sinaloa, México, Fundación Produce Sinaloa. 21 p.
- SE (Secretaría de Economía, México). 2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - fruta fresca - fresa (*Fragaria x ananassa, dutch*) – especificaciones y método de prueba (cancela a la NMX-FF-062-1987) (en línea). NMX-FF-062-SCFI-2002. México. 9 ago. (19 p). Consultado 18 oct. 2018. Disponible en <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2002/nmx-ff-062-scfi-2002.pdf>.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México. 2000. Análisis de agua - determinación de la conductividad electrolítica - método de prueba (cancela a la NMX-AA-093-1984) (en línea). NMX-AA-093-SCFI-2000. México, Secretaria de Economía. 18 dic. (27 p.). Consultado 23 oct. 2018. Disponible en <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2000/nmx-aa-093-scfi-2000.pdf>.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia. 2014. Manual técnico del cultivo de fresa bajo buenas prácticas agrícolas (en línea). Medellín, Colombia, Francisco Vélez Litografía. 107 p. ISBN 9789588711515. Consultado 24 jun. 2018. Disponible en https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/fresa%20BPA_1.pdf.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2017. Datos meteorológicos de la estación Huasacache. Arequipa, Perú.

- Severo, J; Tiecher, A; Clasen Chaves, F; Silva, JA; Valmor Rombaldi, C. 2011. Gene transcript accumulation associated with physiological and chemical changes during developmental stages of strawberry cv. Camarosa (en línea). Food Chemistry 126:995-1000. Consultado 14 jul. 2019. Disponible en <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0308814610015256?token=FF3B34D646C997E0A0EA9C4B82F299F389F743A9A29741C1F897CB0477FF2E4A5E3C26DBEAB7F16786EE5BE6DA8AAD2B>.
- Sierra Exportadora, Perú. 2016. Fresa (en línea). Lima, Perú. Consultado 20 jun. 2018. Disponible en <https://www.sierraexportadora.gob.pe/fresa-2/>.
- Sistema Producto Fresa, México. 2005. Plan rector sistema nacional fresa (en línea). Distrito Federal, México, SAGARPA. (48 p.). Consultado 25 sep. 2018. Disponible en http://www.inforural.com.mx//wp-content/uploads/2007/06/prn_fresa.pdf.
- Sistema Producto Fresa, México. 2012. Plan rector nacional 2012 (en línea). Zamora, México. 43 p. Consultado 18 oct. 2018. Disponible en http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/nacionales/EXP_CNSP_FRESA/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR_CNSP_FRESA_2012.pdf.
- Solís Valencia, A. 2016. Apuntes de horticultura avanzada (en línea). México, UAEM. 104 p. Consultado 19 oct. 2018. Disponible en <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/63704/secme-11279.pdf?sequence=1>.
- Soria Campos, JA. 2012. Hidroponía y acuarística del caribe (en línea). Congreso Nacional Hortifrutícola (5, 2013, s. l.). s. l., Asohofrucol. (51 p.). Consultado 28 ago. 2018. Disponible en http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_247_Curso%20Hidropon%C3%ADa%20Basica.pdf.

- Soto Bravo, F. 2015. Hidroponía familiar en sustrato: hágalo fácil sembrando hortalizas, cosechando salud (en línea). San José, Costa rica, Comité Técnico Editorial. 60 p. ISBN 9789968877794. Consultado 21 jun. 2018. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10809.pdf>.
- Sudzuki, F. 2002. Cultivo de frutales menores. 6 Ed. Santiago de Chile, Chile, Editorial Universitaria. 198 p.
- Terés, V; Beunza, AI; Artetxe, A. 1997. Riego en sustratos (en línea). Horticultura (120):49-52. Consultado 27 sep. 2019. Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_1997_120_49_52.pdf.
- Terés Terés, V. 2001. Relaciones aire-agua en sustratos de cultivo como base para el control del riego: metodología de laboratorio y modelización (en línea). Tesis Ph.D. Madrid, España, UPM. 483 p. Consultado 27 may. 2019. Disponible en <http://oa.upm.es/869/1/VTerésTesis.pdf>.
- Tonelli, B. 2010. Cátedra horticultura cultivo de frutilla (en línea). Argentina, UNER. (9 p.). Consultado 30 jul. 2018. Disponible en <http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/horticultura/Frutilla.pdf>.
- Ucan Chan, I; Sánchez Del Castillo, F; Contreras Magaña, E; Corona Sáez, T. 2005. Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto en tomate (en línea). Revista Fitotecnia Mexicana 28(1):33-38. Consultado 14 jul. 2019. Disponible en https://www.academia.edu/36611770/Efecto_de_la_densidad_de_población_y_raleo_de_frutos_sobre_el_rendimiento_y_tamaño_del_fruto_en_tomate.

UCSP (Universidad Católica San Pablo, Perú). 2016. La falta de competitividad es uno de los principales problemas de la agricultura en Arequipa (en línea). Sala de Prensa UCSP, Arequipa, Perú; 7 ene.:1. Consultado 28 jun. 2018. Disponible en <https://ucsp.edu.pe/saladeprensa/informa/la-falta-de-competitividad-es-uno-de-los-principales-problemas-de-la-agricultura-en-arequipa/>.

UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú); Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. s. f. Sistema vertical o de columnas (en línea). Lima, Perú. Consultado 20 oct. 2018. Disponible en http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/sistema_columnas.htm.

USDA (United States Department of Agriculture). 2006. United States standards for grades of strawberries (en línea). 3 p. Consultado 14 jul. 2019. Disponible en https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Strawberry_Standard%5B1%5D.pdf.

USDA (United States Department of Agriculture). 2017. Index of official visual aids (en línea). Washington, Estados Unidos. 103 p. Consultado 17 ago. 2019. Disponible en <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Official%20Inventory%20of%20FV%20Inspection%20Aids.pdf>.

Vázquez Gálvez, A; López Aranda, JM. 2008. Alternativas químicas al uso de bromuro de metilo en el cultivo de fresa en Michoacán, México (en línea). México, SEMARNAT. 36 p. Consultado 14 jul. 2018. Disponible en <http://apps2.semarnat.gob.mx:8080/sissao/images/pdf/FRESA-MICHOACAN.pdf>.

Vázquez Gálvez, G; Livera Muñoz, M; González Hernández, VA; Muratalla Lua, A. 2000. Efecto de la eliminación de órganos sobre la producción y calidad de frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Fern (en línea). Revista Fitotecnia

Mexicana 23:355-366. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/23-2/14a.pdf>.

Villegas Torres, OG; Domínguez Patiño, ML; Albavera Pérez, M; Andrade Rodríguez, M; Sotelo Nava, H; Martínez Rangel, MG; Aguilar Cortés, M; Castillo Carpintero, C; Magadan Salazar, MC. 2017. Sustrato como material de última generación (en línea). s. l., OmniaScience. 52 p. ISBN 9788494560378. Consultado 24 ago. 2018. Disponible en <http://www.omniascience.com/monographs/index.php/monograficos/article/view/364/249>.

Yescas-Coronado, P; Segura-Castruita, MA; Orozco-Vidal, JA; Enríquez-Sánchez, M; Sánchez-Sandoval, JL; Frías-Ramírez, JE; Montemayor-Trejo, JA; Preciado-Rangel, P. 2011. Uso de diferentes sustratos y frecuencias de riego para disminuir lixiviados en la producción de tomate (en línea). Terra Latinoamericana 29(4):441-448. Consultado 28 sep. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v29n4/2395-8030-tl-29-04-00441.pdf>.

Zalom, FG; Phillips, PA; Toscano, NC; Bolda, M; Koike, ST; Gubler, WD; Browne, GT; Westerdahl, BB; Fennimore, SA; Smith, RF. 2005. Guía para el manejo de las plagas: fresas (en línea). California, Estados Unidos, UC. 70 p. Consultado 18 oct. 2018. Disponible en http://www.oregon-strawberries.org/fmr/fact_sheets/Guia__Fresas_Espanol.pdf.

Zaragoza Nieto, RD. 2013. Evaluación de técnicas hidropónicas de producción en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) bajo invernadero (en línea). Tesis M. Sc. Agrplastcult. Coahuila, México, CIQA. 73 p. Consultado 19 oct. 2018. Disponible en <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/67/1/Tesis%20MAP%20Ramon%20Donovan%20Zaragoza%20Nieto%20Dic%202018%202013.pdf>.

ANEXOS

Anexo N° 1: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable porcentaje de prendimiento de plantas a los 15 días después del trasplante en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	100	92.31	100	100	392.31	98.08
T2	100	100	92.31	92.31	384.62	96.16
T3	84.62	92.31	100	100	376.93	94.23
T4	100	100	84.62	69.23	353.85	88.46
T5	100	100	92.31	92.31	384.62	96.16
T6	92.31	100	100	92.31	384.62	96.16
					2276.95	

Anexo N° 2: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable porcentaje de prendimiento de plantas a los 30 días después del trasplante en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	84.62	69.23	61.54	84.62	300.01	75
T2	92.31	100	92.31	92.31	376.93	94.23
T3	84.62	84.62	100	92.31	361.55	90.39
T4	92.31	100	76.92	69.23	338.46	84.62
T5	100	100	92.31	84.62	376.93	94.23
T6	92.31	100	100	92.31	384.62	96.16
					2138.50	

Anexo N° 3: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable peso fresco de hojas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	13.48	12.86	10.64	10.50	47.48	11.87
T2	20.76	17.44	18	17.91	74.11	18.53
T3	11.21	10.02	11.47	9.42	42.12	10.53
T4	10.57	10.76	9.17	10.89	41.39	10.35
T5	14.35	12.04	12.76	18.34	57.49	14.37
T6	28.28	22.29	23.29	23.10	96.96	24.24
					359.55	

Anexo N° 4: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable peso seco de hojas en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	3.76	3.21	2.77	3	12.74	3.19
T2	6.32	4.96	5.32	5.53	22.13	5.53
T3	3.11	2.80	2.93	2.78	11.62	2.91
T4	3.10	3.24	2.50	3.16	12	3
T5	3.97	3.01	3.52	5.18	15.68	3.92
T6	8.18	5.72	6.73	6.14	26.77	6.69
					100.94	

Anexo N° 5: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable peso fresco de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	8.06	6.98	7.21	7.04	29.29	7.32
T2	13.63	12.13	14.86	11.59	52.21	13.05
T3	7.12	7.32	8.32	6.76	29.52	7.38
T4	6.96	7.43	6.26	7.73	28.38	7.10
T5	9.37	8.46	10.07	11.97	39.87	9.97
T6	18.76	16.74	22.15	22.05	79.70	19.93
					258.97	

Anexo N° 6: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable peso seco de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	2.27	2.16	2.11	2.35	8.89	2.22
T2	5.90	5.29	6.58	5.61	23.38	5.85
T3	1.96	2.13	2.46	2.54	9.09	2.27
T4	2.32	2.39	2	2.74	9.45	2.36
T5	3.41	3.30	3.18	4.31	14.20	3.55
T6	7.84	7.55	8.56	8.21	32.16	8.04
					97.17	

Anexo N° 7: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable longitud de raíz en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	15.36	12.88	19.88	15.45	63.57	15.89
T2	24.50	23.04	28.50	22.75	98.79	24.70
T3	15.26	13.70	11.08	11.03	51.07	12.77
T4	16.88	18.18	14.22	17.67	66.95	16.74
T5	19.46	21.15	21.08	22.18	83.87	20.97
T6	30.25	29.08	28.77	28.25	116.35	29.09
					480.60	

Anexo N° 8: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable área foliar en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	148.09	276.93	311.11	217.05	953.18	238.30
T2	466.88	709.50	418.44	649.17	2243.99	561
T3	267.90	214.04	177.23	211.91	871.08	217.77
T4	193.92	182.31	217.51	176.99	770.73	192.68
T5	312.28	316.11	356.45	308.57	1293.40	323.35
T6	545.32	725.34	601.47	725.86	2597.99	649.50
					8730.37	

Anexo N° 9: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable diámetro ecuatorial del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	2.85	2.70	2.91	2.71	11.17	2.79
T2	3.08	3.23	3.11	2.95	12.37	3.09
T3	2.68	2.89	2.87	2.76	11.20	2.80
T4	2.94	2.66	2.59	2.91	11.10	2.78
T5	2.84	2.54	3.01	3.05	11.44	2.86
T6	3.07	3.29	3.38	3.46	13.20	3.30
					70.48	

Anexo N° 10: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable diámetro polar del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	3.06	3.19	3.14	3.04	12.43	3.11
T2	3.44	3.58	3.49	3.53	14.04	3.51
T3	2.76	3.08	3.03	3.14	12.01	3
T4	3.07	2.89	2.74	3.08	11.78	2.95
T5	3.23	2.94	3.40	3.34	12.91	3.23
T6	3.59	3.89	3.76	3.51	14.75	3.69
					77.92	

Anexo N° 11: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable peso promedio del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	13.69	14.51	14.20	13.28	55.68	13.92
T2	15.66	16.87	14.99	15.68	63.20	15.80
T3	13.12	13.92	13.70	14.82	55.56	13.89
T4	15.04	14.08	13.40	15.53	58.05	14.51
T5	14.28	17.18	15.90	14.62	61.98	15.50
T6	16.80	16.18	15.73	17.65	66.36	16.59
					360.83	

Anexo N° 12: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable número de frutos por planta en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	9.27	9.56	11.75	8.91	39.49	9.87
T2	14.83	11.46	14.75	13.83	54.87	13.72
T3	6.27	6.91	5.53	5.75	24.46	6.12
T4	7.75	7.31	9.50	8.89	33.45	8.36
T5	7.85	6	7.58	9.27	30.70	7.68
T6	16.17	16.23	17.23	15.08	64.71	16.18
					247.68	

Anexo N° 13: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable firmeza del fruto en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	0.93	0.85	0.89	0.86	3.53	0.88
T2	0.71	0.79	0.61	0.65	2.76	0.69
T3	0.94	0.88	0.95	0.79	3.56	0.89
T4	0.83	0.81	0.92	0.73	3.29	0.82
T5	0.78	0.68	0.82	0.72	3	0.75
T6	0.50	0.74	0.57	0.63	2.44	0.61
					18.58	

Anexo N° 14: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable sólidos solubles totales en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	5.80	5.50	4.90	4.80	21	5.25
T2	5.90	6.40	6.50	6.10	24.90	6.23
T3	5.90	6.20	6.20	6	24.30	6.08
T4	5	5.20	5.90	6.80	22.90	5.73
T5	5.80	6.30	7.20	5.80	25.10	6.28
T6	6.60	6.80	6.30	6.40	26.10	6.53
					144.30	

Anexo N° 15: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable acidez titulable en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	0.83	0.85	0.82	0.85	3.35	0.84
T2	0.80	0.71	0.81	0.78	3.10	0.78
T3	0.75	0.85	0.77	0.86	3.23	0.81
T4	0.82	0.73	0.74	0.82	3.11	0.78
T5	0.63	0.69	0.72	0.63	2.67	0.67
T6	0.83	0.77	0.83	0.79	3.22	0.81
					18.68	

Anexo N° 16: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable relación SST/AT en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	6.99	6.47	5.98	5.65	25.09	6.27
T2	7.38	9.01	8.02	7.82	32.23	8.06
T3	7.87	7.29	8.05	6.98	30.19	7.55
T4	6.10	7.12	7.97	8.29	29.48	7.37
T5	9.21	9.13	10	9.21	37.55	9.39
T6	7.95	8.83	7.59	8.10	32.47	8.12
					187.01	

Anexo N° 17: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable luminosidad (L^*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	27.73	36.66	24.07	19.02	107.48	26.87
T2	22.35	38.55	34.66	34.68	130.24	32.56
T3	39.92	31.26	29.19	35.37	135.74	33.94
T4	35.71	38.31	28.96	33.34	136.32	34.08
T5	31	29.77	31.14	28.24	120.15	30.04
T6	31.39	36.55	33.95	32.89	134.78	33.70
					764.71	

Anexo N° 18: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable nivel de rojo (a^*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	31.66	30.82	24.96	17.88	105.32	26.33
T2	30.66	40.54	27.95	33.82	132.97	33.24
T3	42.48	32.52	36.71	34.42	146.13	36.53
T4	36.14	35.57	34.66	33.54	139.91	34.98
T5	31.13	34.73	32.38	19.59	117.83	29.46
T6	32.07	40.40	31.29	31.63	135.39	33.85
					777.55	

Anexo N° 19: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable nivel de amarillo (b*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	14.40	19.85	16.32	11.74	62.31	15.58
T2	17.57	28.37	16.31	24.09	86.34	21.59
T3	32.04	25.04	25.67	25.66	108.41	27.10
T4	25.59	26.60	25.26	24.76	102.21	25.55
T5	21.52	23.19	22.39	14.02	81.12	20.28
T6	20.81	28.73	19.87	22.21	91.62	22.91
					532.01	

Anexo N° 20: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable cromaticidad (C*) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	34.78	36.66	29.82	21.39	122.65	30.66
T2	35.34	49.48	32.36	41.52	158.70	39.68
T3	53.21	41.04	44.79	42.93	181.97	45.49
T4	44.28	44.42	42.89	41.69	173.28	43.32
T5	37.84	41.76	39.37	24.09	143.06	35.77
T6	38.23	49.57	37.07	38.65	163.52	40.88
					943.18	

Anexo N° 21: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable tonalidad (H) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	24.46	32.78	33.18	33.29	123.71	30.93
T2	29.82	34.98	30.27	35.46	130.53	32.63
T3	37.02	37.60	34.96	36.70	146.28	36.57
T4	35.30	36.79	36.08	36.44	144.61	36.15
T5	34.66	33.73	34.66	35.59	138.64	34.66
T6	32.98	35.42	32.42	35.08	135.90	33.98
					819.67	

Anexo N° 22: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable rendimiento por planta en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	126.91	138.72	166.85	118.32	550.80	137.70
T2	232.24	193.33	221.10	216.85	863.52	215.88
T3	82.26	96.19	75.76	85.22	339.43	84.86
T4	116.56	102.92	127.30	138.06	484.85	121.21
T5	112.10	103.08	120.52	135.53	471.23	117.81
T6	271.66	262.60	271.03	266.16	1071.45	267.86
					3781.27	

Anexo N° 23: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable **rendimiento por manga en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.**

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	3.01	2.69	2.87	2.80	11.37	2.84
T2	6	5.41	5.72	5.61	22.74	5.69
T3	1.95	2.28	2.12	2.20	8.55	2.14
T4	3.01	2.88	2.74	2.68	11.31	2.83
T5	3.14	2.89	3.12	3.21	12.35	3.09
T6	7.02	7.35	7.59	6.88	28.84	7.21
					95.16	

Anexo N° 24: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable **rendimiento por hectárea en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.**

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	25347.21	22652.49	24168.27	23578.80	95746.77	23936.69
T2	50526	45557.61	48168.12	47241.81	191493.54	47873.39
T3	16420.95	19199.88	17852.52	18526.20	71999.55	17999.89
T4	25347.21	24252.48	23073.54	22568.28	95241.51	23810.38
T5	26441.94	24336.69	26273.52	27031.41	104083.56	26020.89
T6	59115.42	61894.35	63915.39	57936.48	242861.64	60715.41
					801426.57	

Anexo N° 25: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable porcentaje de rendimiento de categoría de calidad extra en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	9.68	12.90	10.75	9.68	43.01	10.75
T2	29.09	26.67	30.30	27.88	113.94	28.49
T3	8.33	8.33	5.56	11.11	33.33	8.33
T4	5.56	7.78	6.67	6.67	26.68	6.67
T5	16.67	15.63	17.71	20.83	70.84	17.71
T6	32.62	41.71	39.57	33.69	147.59	36.90
					435.39	

Anexo N° 26: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable porcentaje de rendimiento de categoría de calidad primera en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	50.54	54.84	56.99	48.39	210.76	52.69
T2	56.36	63.03	56.97	61.21	237.57	59.39
T3	50	52.78	54.17	43.06	200	50
T4	53.33	61.11	50	62.22	226.66	56.67
T5	65.63	57.29	59.38	51.04	233.34	58.34
T6	53.48	45.99	44.92	50.27	194.66	48.67
					1302.99	

Anexo N° 27: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable porcentaje de rendimiento de categoría de calidad segunda en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	26.88	22.58	21.51	27.96	98.92	24.73
T2	11.52	9.09	10.91	9.70	41.22	10.31
T3	30.56	25	31.94	34.72	122.22	30.56
T4	27.78	22.22	28.89	23.33	102.22	25.56
T5	13.54	21.88	18.75	20.83	75	18.75
T6	10.16	9.63	12.30	12.83	44.91	11.23
					484.48	

Anexo N° 28: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable porcentaje de rendimiento de frutos deformes en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1	12.90	9.68	10.75	13.98	47.31	11.83
T2	3.03	1.21	1.82	1.21	7.27	1.82
T3	11.11	13.89	8.33	11.11	44.44	11.11
T4	13.33	8.89	14.44	7.78	44.44	11.11
T5	4.17	5.21	4.17	7.29	20.83	5.21
T6	3.74	2.67	3.21	3.21	12.83	3.21
					177.10	

Anexo N° 29: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable densidad aparente en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1 (inicio)	0.20	0.20	0.21	0.20	0.81	0.20
T2 (inicio)	0.37	0.37	0.39	0.39	1.52	0.38
T3 (inicio)	0.44	0.43	0.44	0.44	1.75	0.44
T4 (inicio)	0.59	0.62	0.62	0.60	2.43	0.61
T5 (inicio)	0.42	0.42	0.42	0.42	1.68	0.42
T6 (inicio)	0.68	0.67	0.67	0.67	2.69	0.67
					10.88	

Anexo N° 30: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable la densidad aparente en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1 (final)	0.20	0.22	0.20	0.21	0.83	0.21
T2 (final)	0.42	0.43	0.40	0.42	1.67	0.42
T3 (final)	0.54	0.44	0.52	0.44	1.94	0.49
T4 (final)	0.87	0.74	0.87	0.74	3.22	0.81
T5 (final)	0.45	0.39	0.38	0.38	1.60	0.40
T6 (final)	0.68	0.61	0.68	0.61	2.58	0.65
					11.84	

Anexo N° 31: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable densidad real en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1 (inicio)	0.90	0.96	0.81	0.90	3.57	0.89
T2 (inicio)	1.17	1.17	1.37	1.34	5.05	1.26
T3 (inicio)	1.55	1.39	1.43	1.53	5.90	1.48
T4 (inicio)	1.72	1.61	1.58	1.67	6.58	1.65
T5 (inicio)	1.39	1.36	1.35	1.55	5.65	1.41
T6 (inicio)	1.75	1.85	1.64	1.76	7	1.75
					33.75	

Anexo N° 32: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable densidad real en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1 (final)	0.77	0.90	0.83	0.85	3.35	0.84
T2 (final)	1.17	1.26	1.21	1.30	4.94	1.24
T3 (final)	1.47	1.37	1.55	1.42	5.81	1.45
T4 (final)	2	1.73	2.04	1.97	7.74	1.94
T5 (final)	1.55	1.09	1.07	1.06	4.77	1.19
T6 (final)	1.63	1.71	1.81	1.86	7.01	1.75
					33.62	

Anexo N° 33: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable porosidad total en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1 (inicio)	77.76	79.24	74.20	77.67	308.87	77.22
T2 (inicio)	68.32	68.47	71.63	70.84	279.26	69.82
T3 (inicio)	71.57	69.16	69.32	71.21	281.26	70.32
T4 (inicio)	65.76	61.54	60.74	64.03	252.07	63.02
T5 (inicio)	69.71	69.03	68.88	72.99	280.61	70.15
T6 (inicio)	61.10	63.75	59.26	61.84	245.95	61.49
					1648.02	

Anexo N° 34: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable porosidad total en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1 (final)	74.06	75.42	75.98	75.16	300.62	75.16
T2 (final)	64.07	65.96	66.90	67.67	264.60	66.15
T3 (final)	63.38	67.91	66.46	68.99	266.74	66.69
T4 (final)	56.59	57.28	57.40	62.52	233.79	58.45
T5 (final)	71.06	64.33	64.48	64.29	264.16	66.04
T6 (final)	58.32	64.38	62.49	67.24	252.43	63.11
					1582.34	

Anexo N° 35: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable porosidad de aireación en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1 (inicio)	60.14	58.46	52.73	56.92	228.25	57.06
T2 (inicio)	38.04	36.92	37.48	40	152.44	38.11
T3 (inicio)	56.22	50.77	50.91	53.99	211.89	52.97
T4 (inicio)	53.15	46.15	44.48	49.09	192.87	48.22
T5 (inicio)	43.08	40.42	39.44	42.52	165.46	41.37
T6 (inicio)	23.92	20.14	19.30	21.40	84.76	21.19
					1035.67	

Anexo N° 36: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable porosidad de aireación en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1 (final)	52.45	50.07	53.99	51.47	207.98	52
T2 (final)	34.83	29.93	33.71	30.63	129.10	32.28
T3 (final)	43.78	47.41	46.85	49.09	187.13	46.78
T4 (final)	40.56	38.32	42.52	45.87	167.27	41.82
T5 (final)	38.74	35.52	34.55	37.06	145.87	36.47
T6 (final)	18.04	22.66	19.72	21.96	82.38	20.60
					919.73	

Anexo N° 37: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable capacidad de retención de agua en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1 (inicio)	17.62	20.78	21.47	20.75	80.62	20.16
T2 (inicio)	30.28	31.55	34.14	30.84	126.81	31.70
T3 (inicio)	15.34	18.39	18.41	17.22	69.36	17.34
T4 (inicio)	12.62	15.39	16.26	14.94	59.21	14.80
T5 (inicio)	26.63	28.61	29.44	30.47	115.15	28.79
T6 (inicio)	37.19	43.61	39.96	40.44	161.20	40.30
					612.35	

Anexo N° 38: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable capacidad de retención de agua en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1 (final)	21.62	25.35	21.99	23.69	92.65	23.16
T2 (final)	29.24	36.03	33.20	37.04	135.51	33.88
T3 (final)	19.60	20.50	19.60	19.90	79.60	19.90
T4 (final)	16.03	18.96	14.88	16.65	66.52	16.63
T5 (final)	32.32	28.81	29.93	27.23	118.29	29.57
T6 (final)	40.28	41.73	42.77	45.29	170.07	42.52
					662.64	

Anexo N° 39: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable potencial de hidrógeno en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1 (inicio)	6.34	6.18	6.16	6.29	24.97	6.24
T2 (inicio)	6.35	6.41	6.31	6.40	25.47	6.37
T3 (inicio)	6.28	6.42	6.38	6.31	25.39	6.35
T4 (inicio)	6.27	6.31	6.31	6.40	25.29	6.32
T5 (inicio)	6.28	6.47	6.34	6.41	25.50	6.38
T6 (inicio)	6.45	6.36	6.41	6.38	25.60	6.40
					152.22	

Anexo N° 40: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable potencial de hidrógeno en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1 (final)	5.89	5.94	5.91	5.95	23.69	5.92
T2 (final)	6.05	6.18	6.08	6.11	24.42	6.11
T3 (final)	5.89	6.02	5.96	5.94	23.81	5.95
T4 (final)	6.11	6.05	6.08	6.08	24.32	6.08
T5 (final)	6.17	6.21	6.10	6.09	24.57	6.14
T6 (final)	5.98	6.11	6.01	6.10	24.20	6.05
					145.01	

Anexo N° 41: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable conductividad eléctrica en la etapa inicial del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1 (inicio)	1.24	1.12	1.09	1.10	4.55	1.14
T2 (inicio)	1.19	1.19	1.16	1.21	4.75	1.19
T3 (inicio)	1.08	1.12	1.15	1.08	4.43	1.11
T4 (inicio)	1.10	1.18	1.11	1.14	4.53	1.13
T5 (inicio)	0.97	1.11	1.13	1	4.21	1.05
T6 (inicio)	1.14	1.17	1.15	1.09	4.55	1.14
					27.02	

Anexo N° 42: Se observan los promedios de los tratamientos de la variable conductividad eléctrica en la etapa final del experimento en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Camarosa, con diferentes combinaciones de sustratos en mangas verticales hidropónicas.

Tratamientos	r1	r2	r3	r4	Total	Promedio
T1 (final)	1.04	0.96	1.17	1.02	4.19	1.05
T2 (final)	1.15	0.94	1.12	1.08	4.29	1.07
T3 (final)	0.78	0.85	0.88	0.97	3.48	0.87
T4 (final)	1	1.14	0.96	1.03	4.13	1.03
T5 (final)	0.79	0.80	0.78	0.76	3.13	0.78
T6 (final)	0.91	0.99	0.85	0.82	3.57	0.89
					22.79	

Anexo N° 43: Presupuesto del sistema hidropónico.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)
1. Materiales				
1.1. Alambre N° 16 galvanizado	Kg.	2	8.00	16.00
1.2. Alambre negro N° 16	Kg.	12	3.40	40.80
1.3. Barra de metal angular 1/8" x 1" 1/2 x 6 mts	Unid.	2	23.00	46.00
1.4. Cable de luz N° 16	Mts.	30	0.70	21.00
1.5. Caja de 3 llaves	Unid.	1	12.00	12.00
1.6. Cinta teflón 1/2"	Unid.	15	0.80	12.00
1.7. Codo de 1" de PVC	Unid.	12	2.50	30.00
1.8. Contactor Chint	Unid.	1	23.00	23.00
1.9. Disco de corte 4" 1/2	Unid.	8	4.50	36.00
1.10. Enlaces rosca 1/2" a 20 mm	Unid.	4	2.00	8.00
1.11. Electrobomba periférica Markers 0.5 H.P.	Unid.	1	95.00	95.00
1.12. Estaca de riego por goteo de 3 mm	Unid.	48	0.30	14.40
1.13. Formador de empaquetadura	Unid.	2	10.00	20.00
1.14. Goteros Click Tif de 2 LPH	Unid.	48	0.50	24.00
1.15. Interruptor de luz de 2 x 32A	Unid.	1	32.00	32.00
1.16. Manga de polietileno de 12" 1/2	Kg.	15	15.00	225.00
1.17. Manómetro de presión	Unid.	1	35.00	35.00
1.18. Microtubos de PVC de 3 mm	Mts.	50	0.42	21.00
1.19. Ojales	Unid.	48	1.00	48.00
1.20. Polietileno transparente	Mts.	6	14.00	84.00
1.21. Reducción de PVC de 1" a 1/2"	Unid.	4	1.70	6.80
1.22. Tanque de almacenamiento de agua de 1100 Lt.	Unid.	1	390.00	390.00
1.23. Tapón macho 1" polipropileno roscado	Unid.	1	3.00	3.00
1.24. Tee H/H 1" polipropileno roscado	Unid.	6	3.50	21.00
1.25. Temporizador horario	Unid.	1	195.00	195.00
1.26. Terraaja de 1"	Unid.	1	20.00	20.00
1.27. Terminal de línea de tubo de 20 mm	Unid.	4	0.70	2.80
1.28. Tubería de microirrigación 20	Mts.	30	1.02	30.60

mm				
1.29. Tubo de luz ¾"	Unid.	4	3.00	12.00
1.30. Tubo metálico cuadrado 3"x 1"½ x 6 mts.	Unid.	7	45.00	315.00
1.31. Tubo de PVC 1"	Unid.	5	25.00	125.00
1.32. Tubo de PVC ½"	Mts.	2	2.00	4.00
1.33. Tubo rígido ¾"	Unid.	4	1.00	4.00
1.34. Válvula check 1" con canastilla de bronce	Unid.	1	33.00	33.00
1.35. Válvula de paso de agua 1"	Unid.	5	7.00	35.00
1.36. Varilla de construcción fierro corrugado ¾" x 9 mts.	Unid.	5	11.00	55.00
1.37. Unión universal polipropileno roscado 1"	Unid.	1	6.50	6.50
2. Mano de obra				
2.1. Limpieza y nivelacion del terreno	Jr.	1	50.00	50.00
2.2. Instalación del sistema de riego	Jr.	1	50.00	50.00
2.3. Instalación del sistema eléctrico	Jr.	1	50.00	50.00
2.4. Instalación de la cubierta de plástico	Jr.	1	50.00	50.00
2.5. Elaboración e instalación de las mangas de polietileno	Jr.	1	50.00	50.00
3. Otros gastos				
3.1. Agua	Mes	1	25.00	25.00
3.2. Luz	Mes	1	25.00	25.00
Total				2401.90

Anexo N° 44: Costo de producción para la fresa hidropónica.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)
1. Insumos				
1.1. Material vegetal				
1.1.1. Plantas de fresa cultivar Camarosa	Unid.	800	0.25	200.00
1.2. Fertilizantes				
1.2.1. Nitrato de potasio	Kg.	8	10.00	80.00
1.2.2. Fosfato monopotásico	Kg.	3	20.00	60.00
1.2.3. Sulfato de potasio	Kg.	5	10.00	50.00
1.2.4. Sulfato de magnesio	Kg.	9	7.00	63.00
1.2.5. Quelato de hierro	Kg.	1/2	200.00	100.00
1.2.6. Sulfato de manganeso	Kg.	1/4	40.00	10.00
1.2.7. Ácido bórico	Kg.	1/4	40.00	10.00
1.2.8. Sulfato de zinc	Kg.	1	10.00	10.00
1.2.9. Sulfato de cobre	Kg.	1	14.00	14.00
1.2.10. Molibdato de amonio	Gr.	10	3.00	30.00
1.2.11. Nitrato de calcio	Kg.	13	8.00	104.00
1.2.12. Vigorfol floración (foliar)	Unid.	1	25.00	25.00
1.3. Control fitosanitario				
1.3.1. Abamectina (insecticida-acaricida)	Unid.	1	32.00	32.00
1.3.2. Alfacipermetrina (insecticida)	Unid.	1	25.00	25.00
1.3.3. Benomyl (fungicida sistémico)	Unid.	1	23.00	23.00
1.3.4. Clorpirifos (insecticida)	Unid.	1	27.00	27.00
1.3.5. Sulfato de cobre pentahidratado	Unid.	1	110.00	110.00
1.3.6. Enraizante Root-Hor	Unid.	1	28.00	28.00
1.3.7. Regulador de pH	Unid.	2	8.00	16.00
1.3.8. Biosar (biofungicida)	Unid.	1	340.00	340.00
1.3.9. Biocerámica (bioinsecticida-bioacaricida)	Kg.	1	20.00	20.00
1.3.10. EM-5 Microorganismos eficaces + melaza	Lt.	1	75.00	75.00
1.3.11. Jabón potásico (insecticida-acaricida)	Lt.	1	25.00	25.00
1.3.12. Cerveza	Unid.	6	4.00	24.00
1.4. Sustratos y materiales para				

regular el pH y CE				
1.4.1. Arena fina	Unid.	10	8.00	80.00
1.4.2. Cascarilla de arroz	Unid.	16	5.00	80.00
1.4.3. Gravilla	Unid.	10	12.00	120.00
1.4.4. Piedra pómez	Unid.	10	10.00	100.00
1.4.5. Ácido fosfórico	Lt.	10	14.00	140.00
1.4.6. Ácido sulfúrico	Lt.	½	60.00	60.00
1.4.7. Corrector de sales	Lt.	1	24.00	24.00
2. Mano de obra				
2.1. Sustrato				
2.1.1. Lavado y desinfección de los sustratos	Jr.	2	50.00	100.00
2.2. Plantas de fresa				
2.2.1. Trasplante	Jr.	1	50.00	50.00
2.3. Labores culturales				
2.3.1. Preparación y aplicación de la solución nutritiva	Jr.	1	50.00	50.00
2.3.2. Poda	Jr.	1	50.00	50.00
2.3.3. Aplicaciones foliares (fertilizante y fitosanitaria)	Jr.	2	50.00	100.00
2.4. Cosecha				
2.4.1. Recolección de frutos	Jr.	2	50.00	100.00
3. Otros gastos				
3.1. Agua	Mes	7	25.00	175.00
3.2. Luz	Mes	7	25.00	175.00
Total				2905.00