

UNIVERSIDAD PÚBLICA Y AUTÓNOMA DE EL ALTO
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE FRUTILLA (*Fragaria x ananassa*
Duch.) CON APLICACIÓN DE FERTIRRIEGO RELACIONADO A LAS FASES
FENOLOGICAS EN TECNICA DE CULTIVOS VERTICALES
EN AMBIENTE ATEMPERADO**

Por:

JOSE LUIS ESCOBAR ALARO

EL ALTO – BOLIVIA

Diciembre, 2011

**UNIVERSIDAD PÚBLICA Y AUTÓNOMA DE EL ALTO
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE FRUTILLA (*Fragaria x ananassa* Duch.)
CON APLICACIÓN DE FERTIRRIEGO RELACIONADO A LAS FASES FENOLOGICAS
EN TECNICA DE CULTIVOS VERTICALES EN AMBIENTE ATEMPERADO**

*Tesis de grado presentado como requisito
para optar el Título de Ingeniero Agrónomo*

JOSE LUIS ESCOBAR ALARO

ASESORES

Ing. M.Sc. Juan José Estrada Paredes

Ing. Agr. Javier Mamani García

Ing. Agr. José Luis Lima Jacopa

TRIBUNAL EXAMINADOR

Ing. M.Sc. Fernando Aliaga Aquisé

Ing. Agr. Genaro Serrano Coronel

Ing. Agr. Víctor Paye Huaranca

APROBADO

PRESIDENTE:



Tesis elaborada con
el apoyo técnico y económico
de la Organización de las Naciones
Unidas para la Agricultura y la
Alimentación FAO; Representación Bolivia,
a través del proyecto Diseminación de
Tecnologías de Micro Huertas financiado
por el Reino de Bélgica.

DEDICATORIA

*A Dios, quien estuvo a mi lado para guiarme y
acompañarme en todo momento
en su luz, infinito amor, y por su gran misericordia conmigo.*

*A mis padres José y Zenobia que supieron
entenderme, escucharme, aconsejarme y apoyarme
en cada paso de mi formación como persona y profesional.*

*A mis hermanos Gabriel, Virginia, Juan, Rafaela, Ceferina y Milenka por el
cariño brindado en cada momento de mi vida.*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Pública y Autónoma de El Alto, Carrera de Ingeniería Agronómica por brindarme el honor y la oportunidad de formarme en sus aulas.

Expresar mis sinceros agradecimientos a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) por haberme acogido y darme la oportunidad de realizar la investigación.

Al Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, Oficialía de Desarrollo Humano, por facilitarme los ambientes necesarios para el trabajo de tesis.

A la Lic. Gabriela Aro jefa de la Unidad de Alimentación Complementaria Escolar (UNACE), por brindarme su apoyo incondicional en el trabajo de investigación y su aporte valioso.

Agradecer a mi asesor Ing. M.Sc. Juan José Estrada Paredes, por su permanente apoyo por las oportunas y acertadas sugerencias hechas antes y durante la realización del ensayo.

Dar mis sinceros reconocimientos a mis asesores Ing. Javier Mamani García, Ing. José Luis Lima Jacopa por la orientación recibida, y las observaciones hechas en el presente estudio.

Al tribunal revisor Ing. M.Sc. Fernando Aliaga, Ing. Genaro Serrano Coronel, Ing. Víctor Paye Huaranca por su tiempo otorgado y por las observaciones y sugerencias hechas para mejorar el presente trabajo de investigación.

A mis amigos de la carrera: Mario Paz, Ismael Roque, Luis Carbajal, Santos Mamani, Gloria, Nelly que siempre me brindaron su apoyo académico y moral, además por todos los momentos compartidos.

Finalmente, a todas las personas que de una y otra manera me brindaron su apoyo y comprensión durante esas largas y agotadoras jornadas, en esta etapa de mi vida.

INDICE DE CONTENIDO

Pag.

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
INDICE DE CONTENIDO.....	III
INDICE DE CUADROS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INDICE DE ANEXOS.....	X
ABREVIATURAS.....	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Descripción de la frutilla.....	4
2.2 Clasificación taxonómica.....	4
2.3 Morfología.....	4
a) Raíces.....	4
b) Tallo.....	4
c) Hojas.....	5
d) Estolón.....	5
e) Flores.....	6
f) Polinización.....	6
g) Inflorescencia.....	7
h) Fruto.....	7
2.4 Maduración de frutillas.....	7
2.4.1 Crecimiento.....	7
2.4.2 Desarrollo y maduración.....	8
2.4.3 Composición del fruto.....	8
a) Agua.....	8
b) Azúcares.....	9

c) Ácidos.....	9
d) Vitamina C.....	9
e) Pigmentos.....	10
2.5 Reproducción de la frutilla.....	11
2.5.1 Reproducción sexual.....	11
2.5.2 Reproducción asexual.....	12
2.6 Variedades de frutilla.....	12
2.6.1 Chandler.....	12
2.6.2 Oso grande.....	13
2.6.3 Sweet Charlie.....	13
2.7 Fenología.....	14
2.7.1 Fases Fenológicas.....	15
2.8 La fertirrigación.....	15
2.8.1 Calidad del agua para fertirriego.....	16
2.9 Los fertilizantes en el suelo.....	17
2.9.1 Importancia de la solubilidad de los fertilizantes.....	18
2.9.2 Nutrición mineral.....	18
2.10 Absorción de nutrientes de la fresa.....	18
2.10.1 Requerimiento de fertilizantes.....	19
2.10.1.1 Requerimientos nutricionales de la frutilla.....	19
2.11 Fertilizantes potásicos.....	20
2.11.1 Nitrato de potasio.....	20
2.11.2 Sulfato de potasio.....	20
2.12 Nitrogenados.....	20
2.12.1 La urea.....	21
2.13 Cultivos verticales.....	21
2.14 Sistema de riego.....	22
2.15 Sustratos para frutilla.....	23
2.16 Ambiente atemperado.....	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1 Localización.....	25
3.1.1 Ubicación.....	25
3.2 Materiales.....	26
3.2.1 Infraestructura.....	26

3.2.2 Material Vegetal.....	27
3.2.3 Fertilizantes para fertirriego.....	28
3.2.4 Agua.....	28
3.2.5 Material de campo.....	28
3.2.6 Componentes del sustrato.....	28
3.2.7 Material tubo PVC.....	29
3.3 Metodología de trabajo.....	29
3.3.1 Diseño experimental.....	29
3.3.2 Análisis de varianza.....	29
3.3.3 Análisis estadístico.....	29
a) Factores de estudio.....	30
b) Tratamientos resultantes de las combinaciones de factores.....	30
c) Croquis del experimento.....	31
3.4 Fase de instalación.....	32
a) Acondicionamiento del ambiente atemperado.....	32
b) Preparación del sustrato.....	32
c) Muestreo y análisis físico-químico del sustrato.....	34
d) Análisis de agua de riego.....	34
e) Construcción de los Tubos PVC.....	34
f) Distribuidor de riego uniforme (cañería de 1 pulgada).....	34
g) Llenado del sustrato.....	35
h) Armado y soporte de los tubos PVC.....	35
i) Transplante de frutillas.....	36
j) Preparación de la solución de fertirriego y aplicación de las dosis.....	37
3.5 Fase de seguimiento.....	39
a) Labores culturales.....	39
b) Control de temperatura.....	40
c) Cosecha.....	40
3.6 Fase de evaluación.....	41
3.6.1 Variables de respuesta.....	41
a) Temperatura y humedad.....	41
b) Porcentaje de humedad del sustrato.....	41
c) Porcentaje de mortandad.....	42
3.6.2 Variables Morfológicas, Agronómicas.....	42

a) Altura de la planta.....	42
b) Número de hojas.....	42
c) Número de flores por planta	43
d) Peso de frutos.....	43
e) Rendimiento por planta.....	44
f) Clasificación del fruto.....	44
g) Grados brix.....	45
3.6.3 Variables Económicas.....	45
a) Costos variables (CV).....	45
b) Beneficio bruto (Bb).....	45
c) Beneficio neto (Bn).....	45
d) Beneficio/costo (B/C).....	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	46
4.1 Temperatura máxima y mínima.....	46
4.2 Humedad relativa.....	47
4.3 Análisis físico - químico del sustrato.....	48
4.4 Análisis físico - químico del agua de riego.....	49
4.5 Necesidades de agua en el ciclo de la frutilla.....	50
4.6 Variables fenológicas y agronómicas.....	51
4.6.1 Altura planta.....	51
4.6.2 Número de hojas.....	54
4.6.3 Número de flores por planta.....	56
4.6.4 Peso de frutos.....	58
4.6.5 Rendimiento por planta.....	61
4.6.6 Clasificación del fruto.....	62
4.6.7 Porcentaje de mortandad.....	66
4.6.8 Grados brix.....	67
4.7 Porcentaje de humedad del sustrato.....	68
4.8 Características de la solución drenada.....	69
4.9 Análisis económico.....	71
4.10 Análisis de correlación entre variables.....	73
5. CONCLUSIONES.....	74
6. RECOMENDACIONES.....	76
7. BIBLIOGRAFIA.....	78

INDICE DE CUADROS

	<i>Pag.</i>
Cuadro 1. Composición química y nutricional de la frutilla.....	11
Cuadro 2. Parámetros de calidad de agua de riego.....	17
Cuadro 3. Requerimientos nutricionales de la frutilla.....	19
Cuadro 4. Requerimiento de la frutilla gramos/planta.....	19
Cuadro 5. Dimensiones del ambiente atemperado.....	26
Cuadro 6. Fertilizantes comerciales para fertirriego.....	28
Cuadro 7. Trabajos realizados en el sustrato.....	33
Cuadro 8. Análisis físico - químico del sustrato (50% tierra negra, 40% turba y 10% arena).....	48
Cuadro 9. Análisis físico – químico de aguas.....	49
Cuadro 10. Necesidad de agua según las fases fenológicas, coeficiente del cultivo (Kc).....	50
Cuadro 11. Análisis de varianza para altura de planta en las cuatro fases fenológicas con la aplicación de dosis de fertirrigación.....	51
Cuadro 12. Análisis de varianza para número de hojas en las cuatro fases fenológicas con la aplicación de dosis de fertirrigación.....	54
Cuadro 13. Análisis de varianza para número de flores en las tres variedades de frutilla con la aplicación de dosis de fertirrigación.....	56
Cuadro 14. Análisis de varianza para rendimiento de planta con la aplicación de dosis alta de fertirrigación.....	58
Cuadro 15. Rendimiento de fruto por planta (gr) en dos meses de cosecha.....	60
Cuadro 16. Solución aplicada y solución drenada de los tubos PVC.....	69
Cuadro 17. Beneficios netos, beneficios brutos y costos variables de los variables de los tratamientos de estudio.....	71
Cuadro 18. Matriz de correlaciones entre variables.....	73

INDICE DE FIGURAS

	<i>Pag.</i>
Figura 1. Morfología de la frutilla.....	5
Figura 2. Flores de la frutilla.....	6
Figura 3. Insectos polinizadores.....	6
Figura 4. Estructura del fruto.....	7
Figura 5. Desarrollo y maduración.....	8
Figura 6. Estructura de las principales antocianidinas presentes en plantas.....	10
Figura 7. Frutillas variedad Chandler.....	13
Figura 8. Frutillas variedad Oso grande.....	13
Figura 9. Frutillas variedad Sweet Charlie.....	14
Figura 10. Croquis de ubicación del centro “Wara Warita”.....	25
Figura 11. Ambiente atemperado (Carpa solar) tipo dos aguas del ensayo.....	26
Figura 12. Variedades de frutilla.....	27
Figura 13. Trabajos de reacondicionamiento de la carpa solar.....	32
Figura 14. Insumos para el sustrato.....	33
Figura 15. Tubos PVC perforados (boquetes) para la frutilla.....	34
Figura 16. Huecos de la cañería.....	35
Figura 17. Botella de pett unido con la cañería.....	35
Figura 18. Estructura con los tubos PVC colgados.....	36
Figura 19. Pasos para el transplante de frutillas.....	37
Figura 20. Pesaje del nutriente.....	38
Figura 21. Solución de fertirriego.....	38
Figura 22. Poda de hojas viejas.....	39
Figura 23. Aplicación de macerado de plantas aromáticas.....	39
Figura 24. Cosecha de frutilla de forma manual.....	40
Figura 25. Termómetro y el higrómetro instalados en el ensayo.....	41
Figura 26. Trabajo de medición de la altura de la planta.....	42
Figura 27. Planta con buen desarrollo foliar.....	42
Figura 28. Inflorescencia de la variedad Chandler.....	43
Figura 29. Peso del fruto expresado en gr.....	43
Figura 30. Rendimiento por tratamiento.....	44
Figura 31. Clasificación del fruto.....	44
Figura 32. Temperatura máxima y mínima registrada en el ensayo.....	46

Figura 33. Humedad relativa registrada en el ensayo.....	47
Figura 34. Efecto del fertirriego en la altura de planta en las cuatro fases fenológicas Comparación de medias Duncan (5%).....	52
Figura 35. Efecto del fertirriego en el número hojas de planta en las cuatro fases fenológicas. Comparación de medias Duncan (5%).....	55
Figura 36. Efecto del fertirriego en el número flores por planta. Comparación de medias Duncan (5%).....	57
Figura 37. Efecto del fertirriego en el rendimiento por planta. Comparación de medias Duncan (5%).....	59
Figura 38. Calidad de fruto cosechado y clasificado según el peso (Nitrato de Potasio).....	61
Figura 39. Clasificación de frutos cosechados.....	62
Figura 40. Calidad de los frutos.....	62
Figura 41. Calidad de fruto cosechado y clasificado según el peso (Sulfato de Potasio).....	63
Figura 42. Calidad de fruto cosechado y clasificado según el peso (Testigo).....	64
Figura 43. Porcentaje de mortandad de las variedades con tratamientos.....	65
Figura 44. Grados brix de las variedades con los tratamientos.....	66
Figura 45. % de humedad del sustrato (boquetes de los tubos).....	68

ÍNDICE DE ANEXOS

	<i>Pag.</i>
Anexo 1. Pasos para la cosecha.....	1
Anexo 2. Plan de fertirriego para la frutilla.....	2
Anexo 3. Fertirriego en los tubos PVC.....	2
Anexo 4. Forma de aplicación.....	2
Anexo 5. Problemas existentes en los cultivos verticales.....	3
Anexo 6. Posibles soluciones.....	3
Anexo 7. Costos de producción de la frutilla en cultivo vertical PVC en 10 m ² , 27 tubos en 1 año de producción.....	4
Anexo 8. Resumen de costo de producción.....	5
Anexo 9. Principales productores mundiales de fresa en el año 2005.....	5
Anexo 10. Variedad Chandler de mejor rendimiento.....	6
Anexo 11. Buena coloración variedad Chandler.....	6
Anexo 12. Periodos de cosecha de frutilla en ambiente atemperado (carpa solar).....	7
Anexo 13. Periodo de buena cosecha.....	7
Anexo 14. Análisis físico químico de sustrato IBTEN.....	8
Anexo 15. Análisis físico químico del agua de riego IBTEN.....	9
Anexo 16. Clasificación de salinidad de los suelos, según C.E.....	10
Anexo 17. Clasificación de suelos según los valores del pH.....	10
Anexo 18. Clasificación de aguas de riego, según RAS.....	10
Anexo 19. Tolerancia de las hortalizas a la salinidad.....	11
Anexo 20. Calculo de fertirriego.....	12

ABREVIATURAS

C E.....	Conductividad Eléctrica
CEDEFOA.....	Centro de Desarrollo y Fomento a la Auto-ayuda
CIC.....	Capacidad de Intercambio Catiónico
C.M.....	Cuadrado medio
CHA.....	Chandler
FAO.....	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
G.L.....	Grados de libertad
HR.....	Humedad relativa
INIA.....	Instituto De Investigaciones Agropecuarias
IBTEN.....	Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear
Kc.....	Coefficiente de cultivo
Kg.ha ⁻¹	Kilos por hectárea
MO.....	Materia Orgánica
OSO.....	Oso Grande
pH	Medida técnica para medir la alcalinidad o acidez de las sustancias
PROINPA.....	Programa de Investigación de Productos Andinos
PVC.....	Polyvinyl chloride
RAS.....	Relación de Adsorción de Sodio
SPSS.....	Statistical Product and Service Solutions
SOBIP.....	Sulphate of Potash Information Board
S.C.....	Suma de cuadrados
SCH.....	Sweet Charlie
UNACE.....	Unidad de Alimentación Complementaria Escolar

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “EVALUACION DE TRES VARIEDADES DE FRUTILLA (*Fragaria x ananassa* Duch.) CON APLICACIÓN DE FERTIRRIEGO RELACIONADO A LAS FASES FENOLOGICAS EN TECNICA DE CULTIVOS VERTICALES EN AMBIENTE ATEMPERADO”, en base a los siguientes objetivos; determinar el efecto de tres dosis la fertirrigación en el comportamiento agronómico de tres variedades de frutilla, identificar las variedades que presenten los mejores resultados en desarrollo y rendimiento en función a los parámetros morfológicos y agronómicos, y determinar los costos parciales del cultivo. La metodología de aplicación mediante fertirriego, fue de acuerdo a las fases fenológicas de las variedades de frutilla (Chandler, Osos grande y Sweet Charlie) y dos tipos de fertilizante (Nitrato de potasio y sulfato de potasio) y un testigo que consistió en agua. En este trabajo se utilizó la técnica de cultivos verticales PVC. El estudio se realizó en el centro wara warita con las siguientes variables de respuesta. Temperatura, humedad, altura planta, número de hojas, número de flores, peso de fruto, rendimiento por planta, rendimiento final. Grados brix. Humedad del sustrato. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: Se estableció que el fertirriego con las dosis de nitrato de potasio y el sulfato de potasio no tuvo influencia directa en las primeras etapas fenológicas de las variedades estudiadas altura planta y número de hojas. Pero incidió en el número de flores y en el fructificación principalmente en las variedades tratadas con nitrato de potasio ya que se obtuvo frutos de primera calidad en la variedad Chandler, seguido de la variedad oso grande. Finalmente con la variedad Sweet Charlie que no tuvo las expectativas esperadas. En la variable grados brix realizando la comparación de medias entre tratamientos y variedades el que obtuvo un alto promedio fue la Sweet Charlie con 11.8 de grados brix obtenido con la aplicación de sulfato de potasio. En el variable porcentaje de humedad del sustrato no fue significativa entre los boquetes de arriba con los de abajo. En el análisis de correlación entre variables indica que las variables altura planta y número de hojas están interrelacionadas entre sí, mientras una planta tenga altura tendrá mayor número de hojas, en las variables peso de fruta depende de las variables de número de flores y rendimiento por planta. En el análisis de beneficio costo, la variedad que conviene para la producción de frutillas fue la Chandler con un B/C de 1.32 aplicando el fertilizante Nitrato de potasio en dosis alta.

ABSTRACT

This research work entitled "EVALUATION OF THREE VARIETIES OF STRAWBERRY (*Fragaria x ananassa* Duch.) WITH RELATED APPLICATION TO FERTIGATION PHENOLOGICAL PHASES IN FARMING TECHNIQUES TEMPERING VERTICAL ENVIRONMENT", based on the following objectives: determine the effect of three doses fertigation agronomic performance of three varieties of strawberry, identify varieties that present the best results in growth and yield as a function of morphological and agronomic parameters and determine the partial costs of the crop. The methodology of application by fertigation, was according to phenological stages of strawberry varieties (Chandler, Sweet Charlie Bears large) and two types of fertilizer (potassium nitrate and potassium sulphate) and a control consisting of water. In this work we used the technique of PVC vertical crops. The study was conducted in central warita wara with the following response variables. Temperature, humidity, altitude plant, leaf number, flower number, fruit weight, yield per plant, final performance. Degrees brix. Moisture of the substrate. The results were: fertigation was established that the dose of potassium nitrate and potassium sulphate had no direct influence on the early stages of the varieties studied phenological plant height and number of leaves. But affected the number of flowers and the fruit varieties mainly treated with potassium nitrate was obtained as fruits of first quality in the Chandler variety, followed by the big bear range. And finally with the variety Sweet Charlie had not expected the expectations. In the variable degrees brix performing the mean comparison between treatments and varieties which earned a high was the Sweet Charlie with 11.8 degrees Brix obtained from the application of potassium sulphate. In the variable moisture content of substrate was not significant between the gaps above with those below. In the analysis of correlation between variables indicates that the variables plant height and number of leaves are interrelated, while plant height will have more leaves in the fruit weight variables depends on the variables of number of flowers and performance plant. In cost benefit analysis, the variety that is suitable for the production of strawberries was the Chandler with a B / C of 1.32 nitrate fertilizer applied at a high dose of potassium.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), es una especie hortícola que se ha cultivado desde hace varios siglos en Europa, Asia y los Estados Unidos de América, constituyéndose como una de las principales frutas de consumo de los países desarrollados; la producción mundial de fresa en la presente década ha sido variable, mientras que la superficie dedicada a la producción disminuye en algunos países, en otros ha aumentado; pero en general, existe una ligera tendencia al incremento en la producción mundial. (Santos, M 2008).

La producción de frutilla en nuestro país abarca zonas con condiciones agroclimáticas favorables para su cultivo, tal es el caso del sector oriental con 25.000 kg.ha⁻¹ y en los valles con producciones similares en cuanto a rendimiento (Números de Nuestra Tierra, 1999).

A pesar de que la frutilla es un cultivo de adaptabilidad extraordinaria, demuestra que puede ser cultivado en diversas zonas de nuestro país; pero, para poder introducir en el altiplano boliviano, es necesario establecer condiciones típicas tanto del sector oriental como de los valles, por las bajas temperaturas, bajas precipitaciones y limitada fertilidad de los suelos del sector occidental del país, forman el conjunto de factores negativos causando producción limitada.

Una alternativa para el cultivo y producción de esta especie es mediante el uso de ambientes atemperados (carpas solares); sin embargo, en estos ambientes los costos de producción se incrementan; asimismo el espacio utilizado es muy reducido, por lo cual es necesario encontrar alternativas de producción pudiendo utilizarse cultivos más rentables y la optimización de todo el espacio interno disponible en estos ambientes, por medio de columnas verticales con la oportuna fertilización mineral, alternativas que permitan incrementar la producción y calidad de las cosechas

1.2 Justificación

La producción de frutilla en la agricultura urbana y periurbana en el Departamento de La Paz tiende a un crecimiento, uno de los inconvenientes que tropieza esta producción, es la adquisición de abonos orgánicos, por lo cual, es necesario la utilización de técnicas más adecuadas que permitan la obtención de mayores rendimientos e ingresos económicos, una de ellas es la utilización de nutrientes minerales vía fertirrigación.

La nutrición mineral de las frutillas es una de las técnicas que no está suficientemente conocida ni documentada en nuestro medio, entre los muchos minerales que podemos citar en la producción de frutilla, el papel de los fertilizantes potásicas son esenciales en la síntesis del azúcar, durante la floración, etapa de desarrollo de la fruta, asimilación de los nutrientes y la calidad de la fruto, por lo tanto son una fuente muy importante en la obtención de un alto nivel de productividad.

En este sentido, la presente investigación pretende estudiar las dosis de fertirriego relacionado a las fases fenológicas de la frutilla, con fertilizantes comerciales ricos en potasio (nitrato de potasio KNO_3 y sulfato de potasio K_2SO_4) en el uso de técnicas de cultivos verticales (tubo PVC) bajo el sistema de ambiente atemperado (carpa solar).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.), con aplicación de fertirriego relacionado a las fases fenológicas en técnica de cultivos verticales en ambiente atemperado.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de tres dosis de fertirrigación en el comportamiento agronómico de tres variedades de frutilla.
- Identificar las variedades que presenten los mejores resultados en desarrollo y rendimiento en función a los parámetros morfológicos y agronómicos.
- Determinar los costos parciales del cultivo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción de la frutilla

Villagrán (1994), indica que la fresa pertenece a la familia de las rosáceas, es una planta de tipo herbáceo y perenne, el sistema radicular se compone de raíces y raicillas; sufriendo procesos de renovación fisiológico, aunque influenciado a veces por factores ambientales, patógenos de suelo, etc. La profundidad del sistema radicular es muy variable, en condiciones óptimas pueden alcanzar los 2 a 3 m, aunque lo normal es que no sobrepasen los 40 cm, encontrándose la mayor parte (90%) en los primeros 25 cm.

2.2 Clasificación taxonómica

Folquer (1986), sostiene que la frutilla pertenece a la siguiente clasificación taxonómica: reino plantae, división magnoliophyta, clase magnoliopsida, orden rosales, familia rosaceae, subfamilia maloideae, género fragaria, variedades, Chandler, Oso Grande, Sweet Charlie.

2.3 Morfología

La planta de frutilla puede vivir varios años, sin embargo dura uno o dos años en producción económica, ya que en cultivos de mayor edad las plantas se muestran visiblemente más débiles, con bajo rendimiento y frutas de menor calidad debido a una mayor incidencia de plagas y enfermedades (PROEXANT, 2004).

a) Raíces: Son de aspecto fibroso, se originan en la corona, se dividen en primarias que son responsables del soporte y nacen en la base de las hojas, y secundarias que son más delgadas y de color marfil. Las raíces pueden penetrar en el suelo hasta 0,80 m, pero generalmente se encuentran en los primeros 0,40 m. Las raíces secundarias forman la masa radicular cuya función principal es la absorción de los nutrientes (Olías, 1998).

b) Tallo: La frutilla es una planta perenne manejada como anual, presenta un tallo de tamaño reducido denominado corona, lleva las yemas tanto vegetativas como florales y de ella nacen: las hojas, los estolones y las inflorescencias (Branzanti, 1989). En una corona sana, al hacer un corte vertical o transversal, se deben observar su centro de

color claro, sin manchas o coloraciones rojizas, que serán índice de alguna enfermedad fúngica.

c) Hojas: Se hallan insertas en pecíolos de longitud variable, son pinadas o palmeadas, subdivididas en tres folíolos, pero es común que en algunas variedades existan 4 ó 5 (Figura 1). Tienen estípulas en su base y son de color verde intenso. Tienen un alto número de estomas, lo que permite su transpiración y a la vez las hace muy susceptibles a la falta de humedad (Branzanti, 1989).

d) Estolón: Es un brote delgado, largo, rastrero, que se forma a partir de las yemas axilares de las hojas situadas en la base de la corona. Se desarrollan en gran cantidad en épocas de alta temperatura y fotoperiodos prolongados. En el extremo del estolón se forma una roseta de hojas que en contacto con el suelo emite raíces, lo que origina una nueva planta con idénticos caracteres que la planta madre (Figura 1). Si todos los estolones se desarrollan libremente en forma radial, se obtienen hijas que después de su primer desarrollo emiten raíces (PROEXANT, 2004).

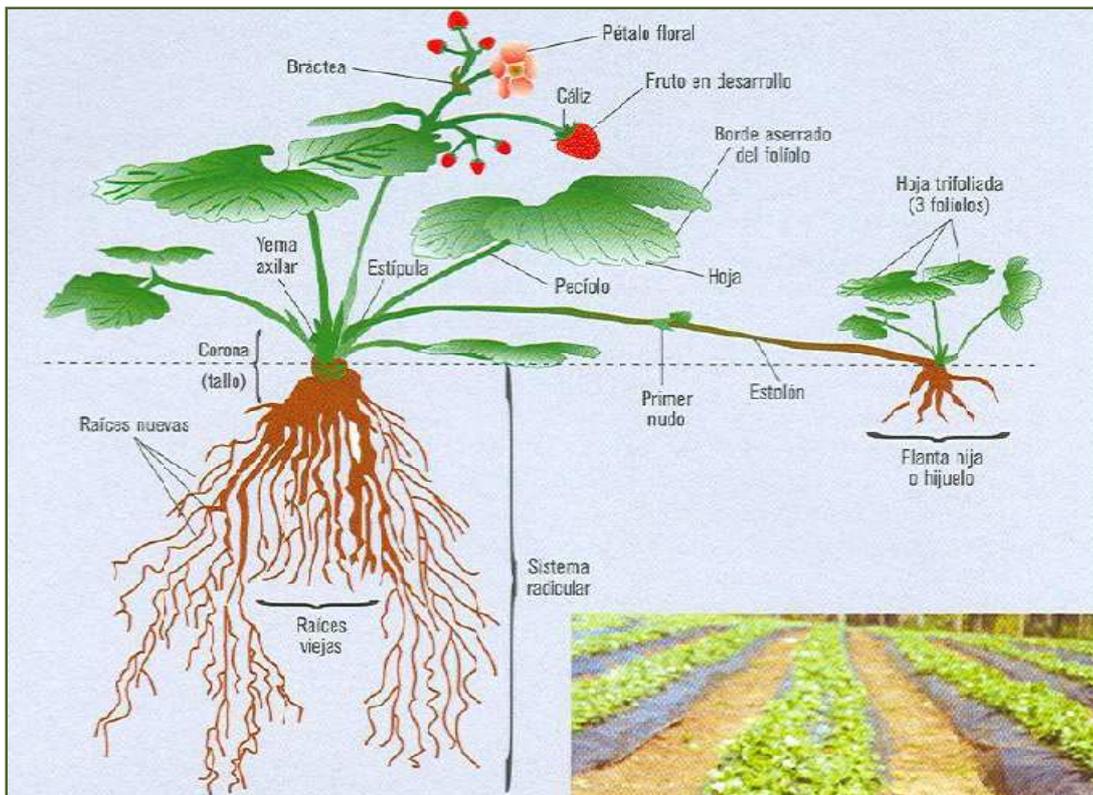


Figura 1: Morfología de la frutilla

Fuente: Lavín (2002)

e) Flores: Las flores pueden ser perfectas (hermafroditas), con órganos masculinos y femeninos (estambres y pistilos), o imperfectas con un solo órgano masculino o femenino (unisexuales) (Branzanti, 1989). Cada flor perfecta está constituida por un cáliz, compuesto normalmente por 5 sépalos, o más frecuentemente por un número variable, una corola compuesta generalmente por 5 pétalos que a menudo pueden ser más de 12, generalmente blancos de forma variable, desde elípticos a redondeados u ovalados (Figura 2).



Figura 2: Flores de la frutilla

f) Polinización

La polinización tiene que ser realizada por insectos, si este trabajo no es completo y quedan pistilos sin polinizar, el fruto resulta deformado. Por esta razón, es recomendable el uso de colmenas en un frutillar.



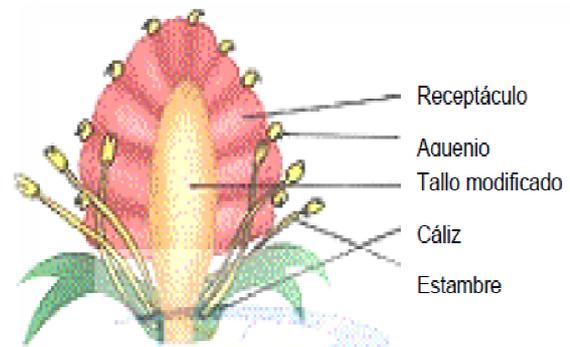
Figura 3: Insectos polinizadores

g) Inflorescencia: Las flores están agrupadas en inflorescencias. Poseen tallos modificados, en las que una bráctea sustituye en cada nudo a una hoja, mientras que la yema axilar de ésta se desarrolla en una rama secundaria o eje de la inflorescencia (Olías, 1998). Las inflorescencias son del tipo cimoso que pueden tener un raquis con ramificación alta o ramificación basal. En el primer caso dan una mayor facilidad para la recolección.

h) Fruto: Es un fruto múltiple denominado botánicamente "eterio", cuyo receptáculo constituye la parte comestible (Figura 4). Los aquenios, llamados vulgarmente semillas, son frutos secos indehiscentes, uniseminados, de aproximadamente 1 mm de largo, que se encuentran insertados en la superficie del receptáculo o en pequeñas depresiones más o menos profundas denominadas criptas. El color de los aquenios puede ser amarillo, rojo, verde o marrón. Un fruto mediano suele tener de 150 a 200 aquenios, pudiendo llegar hasta 400 en los frutos de gran tamaño. Después de la fecundación, los óvulos al convertirse en aquenios estimulan el engrosamiento del receptáculo que finamente constituirá la parte comestible. El receptáculo maduro tiene hasta 5 cm de diámetro de forma achatada, globosa, cónica, reniforme, redondeada, alargada, etc. (Branzanti, 1989).



Figura 4: Estructura del fruto



Fuente: Vicente (2004)

2.4 Maduración de frutillas

2.4.1 Crecimiento

Los frutos muestran un crecimiento rápido logrando el máximo tamaño 30 días luego de la anthesis dependiendo de las condiciones ambientales. La cinética de crecimiento muestra patrones diferentes según el cultivar estudiado. En algunos casos se observan curvas

sigmoideas simples, mientras que en otros se han descrito curvas doble sigmoideas. El tamaño de los frutos está influenciado por la posición en la inflorescencia. Los frutos primarios presentan mayor tamaño que los secundarios y estos a su vez son más grandes que los terciarios (Moore, 1970).

Las tasas de crecimiento de los frutos primarios y secundarios son similares, pero los últimos presentan una mayor fase de retardo para iniciar el crecimiento activo lo que determina un menor tamaño final. La remoción de los frutos primarios provoca un incremento en el tamaño de los frutos secundarios, indicando un proceso de competencia entre los frutos de la misma inflorescencia. El tamaño final de los frutos se encuentra además correlacionado positivamente con el tamaño y número de aquenios formados.

2.4.2 Desarrollo y maduración

El tiempo necesario para que los frutos se desarrollen totalmente depende de la temperatura pudiendo variar entre 20 y 60 días. El proceso de maduración ocurre rápidamente y las condiciones de calidad del fruto se mantienen por un corto tiempo. Este proceso involucra cambios en el color (Figura 5), sabor y textura (Manning, 1993).

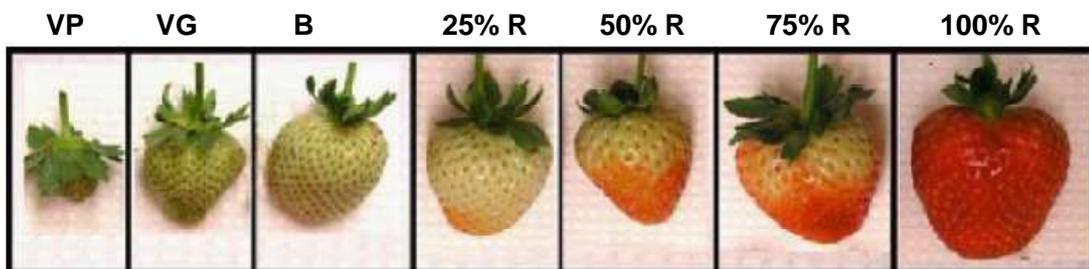


Figura 5: Los estados de desarrollo de y maduración de la frutilla se clasifican en: verde pequeño (VP), verde grande (VG, blanco (B), 25% rojo (25% R), 50% rojo (50% R), 75% rojo (75% R) y 100% rojo (100% R).

2.4.3 Composición del fruto

a) Agua: Es el componente más abundante de los frutos, encontrándose en niveles comprendidos entre 89 y 94% (cuadro 1). Los frutos son altamente sensibles a la deshidratación, lo que determina que sea recomendable realizar el almacenamiento

postcosecha a 90-95% de humedad relativa y evitar cualquier tipo de daños ya que facilitarían la deshidratación (Olías, 1998).

b) Azúcares: Los azúcares son uno de los principales componentes de la frutilla. La sacarosa, glucosa y fructosa representan más del 99% del total en los frutos maduros, encontrándose xilitol, sorbitol y xilosa en pequeñas proporciones (Makinen, 1980). La glucosa y fructosa se encuentran en proporciones similares en frutos maduros y constituyen un 83% del total de los azúcares. Si bien el contenido de azúcares es variable según el cultivar, época del año y ubicación geográfica, la relación entre glucosa y fructosa se mantiene relativamente constante. Con respecto a los cambios durante el desarrollo y maduración, el contenido de sacarosa es muy bajo en los primeros días post-antesis, pero luego aumenta hasta el viraje de los frutos para mostrar un nuevo descenso en los últimos estadios. En el caso de la glucosa y fructosa, luego de los 10 días postantesis se observa un incremento hasta el final de la maduración de los frutos (Woodward, 1972).

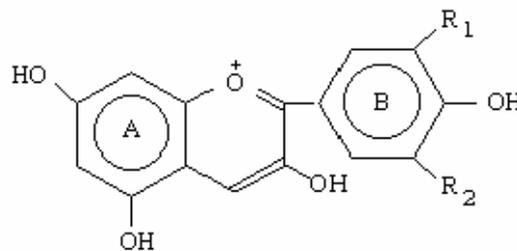
c) Ácidos: Después de los azúcares, los ácidos constituyen los componentes más abundantes de los sólidos solubles. Los ácidos orgánicos poseen importancia desde el punto de vista de la calidad organoléptica (Hulme, 1971). Por otra parte pueden regular el pH a nivel vacuolar y con ello afectar la coloración de los frutos. La acidez se incrementa hasta el estadio verde y luego se observa un descenso en la medida que progresa el proceso de maduración. El ácido más abundante en frutilla es el ácido cítrico aunque también se encuentran cantidades considerables de ácido málico y en menor medida, ácido ascórbico, isocítrico, succínico, oxalacético, glicérico y glicólico.

Los niveles de acidez son variables, pudiéndose encontrar valores de 0,5 a 1,5% (Mitchell y col., 1996). Durante la maduración la acidez disminuye, siendo las variaciones en los ácidos málico y cítrico las responsables de las diferencias de acidez entre frutos maduros y sobremaduros.

d) Vitamina C: Se trata de un componente esencial para la dieta, cuya deficiencia puede ocasionar escorbuto. Las frutas y hortalizas son en general una fuente importante de vitamina C. No obstante, los niveles encontrados en los diferentes productos son muy variables. El contenido de ácido ascórbico en frutos blandos y particularmente en frutilla es elevado (500 mg.kg^{-1}) aunque los niveles oscilan dependiendo de la variedad,

estado de madurez y condiciones de cultivo. El ácido ascórbico es una de las vitaminas más lábiles, por lo que el adecuado manejo de postcosecha es fundamental para evitar caídas abruptas en sus niveles (Olías, 1998).

e) Pigmentos: Las antocianinas se encuentran ampliamente distribuidas en las plantas y son las responsables del color rojo, rosado, púrpura y azul de muchas flores y frutos. Son derivados de los flavonoides solubles en agua, los cuales pueden encontrarse acetilados y glicosilados. El aglicón se conoce como antocianidina. Existen 6 antocianidinas comunes (Figura 6).



R₁	R₂	Anthocyanidin
H	H	Pelargonidin
OH	H	Cyanidin
OH	OH	Delphinidin
OCH ₃	H	Paeonidin
OCH ₃	OH	Petunidin
OCH ₃	OCH ₃	Malvidin

Figura 6: Estructura de las principales antocianidinas presentes en plantas.

Las antocianidinas raramente se encuentran en forma libre, ya que forman glicósidos denominados antocianinas. Los azúcares presentes pueden incluir a la glucosa, ramnosa, galactosa y arabinosa. A su vez los azúcares generan nuevos sitios de modificación ya que pueden estar acetilados con ácidos como el p-cumárico, cafeico, ferúlico, sinápico, acético, malónico o p-hidroxibenzoico. Debido a la diversidad en la glicosilación y acetilación existen por lo menos 300 antocianinas diferentes. Las antocianinas son los pigmentos responsables del color de la frutilla siendo el principal compuesto presente el pelargonidín-glucósido (Manning, 1993).

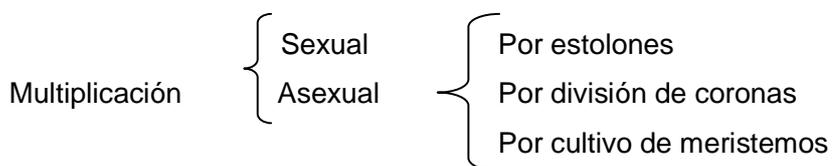
Cuadro 1: Composición química y nutricional de la frutilla

Componente	Valor para 100 g de fruto
Agua	89-94 g
Hidratos de Carbono	5-10 g
Proteínas	0,5-0,9 g
Grasa	0,1-0,4 g
Cenizas	1-3 g
Calorías	37 kcal
Vitamina A	60 UI
Vitamina C	20-70 mg
Tiamina	0,03 mg
Riboflavina	0,07 mg
Niacina	0,6 mg
Hierro	1 mg
Sodio	1 mg
Potasio	164 mg
Calcio	21 mg
Fósforo	21 mg

Fuente: Vicente (2004)

2.5 Reproducción de la frutilla

Folquer (1987), menciona que la frutilla es capaz de reproducirse sexual y asexualmente:



2.5.1 Reproducción sexual

La reproducción sexual se realiza en especies silvestres de fragaria y en algunos de sus variedades derivadas de líneas puras. Debido a lo homocigosis de dichas variedades, las semillas originan plantas que no reproducen con exactitud las características de la planta madre. El origen híbrido de dichas variedades hace que las plantas obtenidas por semilla

no reproduzcan las características de los padres, apareciendo una gran diversidad de formas como consecuencia de la segregación de los factores hereditarios (Verdier, 1987).

2.5.2 Reproducción asexual

Verdier (1987), indica que la multiplicación por estolones aprovecha la facultad que, en mayor o menor grado según variedades, tiene la planta para emitir estolones. Es, por tanto, el más natural y sencillo, y las plantas obtenidas son genéticamente iguales que las de donde proceden, reproduciendo exactamente sus caracteres.

Así mismo señala, que la multiplicación por coronas consiste en la separación manual o mecánicas de la planta adulta, de tal manera que cada una lleve las raíces correspondientes, obteniéndose así nuevas plantas completas.

El cultivo de meristemos es el método asexual más moderno y que abre insospechadas posibilidades en el proceso de obtención de plantas de calidad (Verdier, 1987).

2.6 Variedades de frutilla

El boletín económico (2003), menciona que desde un punto de vista agronómico, las variedades de frutilla se pueden clasificar en tres grupos: reflorecientes o de día largo, no reflorecientes o de día corto y remontantes o de día neutro. La floración en los dos primeros casos se induce por un determinado fotoperiodo, mientras que este factor no interviene en el tercero. El cualquier caso, no solo influye el fotoperiodo sino las temperaturas y horas de frío que soporta la planta. A continuación se describen las variedades de mayor importancia comercial, en la actualidad:

2.6.1 Variedad Chandler

Origen California, de día corto, planta vigorosa con hojas grandes y de color ligeramente más claro que el oso grande. Se adapta bien a una gran diversidad de condiciones de clima y suelo siempre que no contenga sales, tiene un alto potencial de producción.

El fruto es grande (figura 7), en determinadas condiciones climáticas se presenta una maduración incompleta, quedando el ápice de la fruta de color verde o blanco. Presenta una leve tendencia a oscurecerse. Esta variedad es especialmente apropiada para la

industria de congelado, con muy buenas características organolépticas, buen equilibrio de azúcar y acidez (PROEXANT, 2004).



Figura 7: Frutillas variedad Chandler.

2.6.2 Variedad Oso grande

PROEXANT (2004), señala que es una variedad californiana vigorosa con follaje verde oscuro. Su fruto es de color rojo anaranjado (figura 8), forma de cuña achatada, calibre grueso, de buen sabor, presenta resistencia durante el transporte por lo que es apto para la venta como producto fresco en el mercado.



Figura 8: Frutillas variedad Oso Grande.

2.6.3 Variedad Sweet Charlie

PROEXANT (2004), indica que esta variedad es originaria de Florida, de día cortó. Sabor del fruto pronunciado, de muy buena aceptación en el mercado, de color rojo claro (figura 9), tamaño medio a grande, al que tiende a mantenerse a lo largo de la temporada.



Figura 9: *Frutillas variedad Sweet Charlie.*

2.7 Fenología

Gil-Albert (1980), define estado fenológico como el aspecto exterior de yemas flores y brotes, flores y frutos a lo largo del período de actividad vegetativa de la planta y fenología al estudio del ritmo de sucesión en el tiempo, de estos estados.

El estudio fenológico permite evaluar la adaptabilidad de las especies frutales a determinadas condiciones del medio. De tal manera que puede permitir un mejor manejo de herramientas culturales como la poda, fertilización, polinización, raleo, cosecha, etc (Medel y Orueta, 1986).

El inicio de la floración equivale al momento en que se abren las primeras flores y el fin de la misma ocurre cuando el 80% de los pétalos han caído (Terrataz, 1980), citado por (Espinoza, 1984). Para Gil-Albert (1980) el fin de la floración queda determinado por el instante en que se ha producido la fecundación, cuando los pétalos se marchitan y caen.

La fructificación comprende la fecundación, el desarrollo y madurez del fruto y su inicio da término a la floración; sin embargo en algunas ocasiones esto no ocurre, debido a que puede no lograrse la formación del fruto pero de igual manera se dará término a la floración (Gil-Albert, 1980).

2.7.1 Fases Fenológicas

Según Alvarado (2001), en el cultivo de fresa se observan las siguientes fases fenológicas:

- *Fase de reposo vegetativo o dormancia.* Cuando la planta no tiene crecimiento foliar, y las hojas se tornan rojizas y secas. Ocurre cuando los días son cortos y temperaturas bajas.
- *Fase de crecimiento vegetativo.* Cuando se elevan las temperaturas y se alargan los días, se reinicia la actividad vegetativa, y se aprecia la formación de hojas nuevas u brotes turgentes.
- *Fase de floración.* Cuando se observan de 3 a 5 flores abiertas.
- *Fase de fructificación.* Cuando los frutos verdes inician su desarrollo.
- *Fase de reproducción vegetativa.* Cuando existen días largos y temperaturas altas, la planta crece por emisión de estolones.
- *Inicio de la fase de reposo.* Con la incidencia de días cortos y temperaturas bajas, ocurre una polinización progresiva del crecimiento con acumulación de reservas en la raíz, la cual comienza con la iniciación floral y la fase de reposo.

2.8 La fertirrigación

Hirzel (2009), indica que la fertirrigación es una técnica compleja y eficiente, insustituible en sistemas con riego localizado de alta frecuencia, que se basa en el entendimiento de que las plantas utilizan agua y nutrientes en forma diaria, de manera continua y creciente a medida que avanza su ciclo de desarrollo, por lo tanto, de la misma forma se debe aplicar el agua y nutrientes, lo cual respetará su metabolismo y potenciará su productividad.

Para su desarrollo es necesario disponer de los elementos y materiales suficientes que permitan la incorporación de soluciones nutritivas en el agua de riego en forma precisa. Al respecto, actualmente es posible encontrar una amplia gama de elementos para fertirrigación, sin embargo, la elección del más adecuado a las condiciones particulares de

cada instalación repercutirá en una mayor eficiencia de los fertilizantes aportados, optimizando su potencial de producción.

Al respecto Domínguez (1993), sostiene que el fertirriego fue una de las tecnologías más revolucionarias desarrolladas durante el siglo XX para mejorar la productividad de los cultivos. Se basa en el entendimiento de que las plantas utilizan agua y nutrientes día a día en forma continua y creciente a medida que avanza su ciclo y, por lo tanto, se les debe aplicar exactamente lo que necesita día a día de agua y nutrientes para respetar su metabolismo y potenciar su productividad a través de una aplicación precisa de estos insumos.

El fertirriego ha permitido aumentos importantes de la productividad de los cultivos, gracias a un mejor entendimiento del proceso productivo vegetal, lo que se traduce en un mejor control y aprovechamiento del agua y nutrientes, donde ya no se habla de agua y nutrientes, sino de riego y nutrición, de balance hídrico y nutricional, de monitoreo hídrico y monitoreo nutricional (Cadahía, 1998).

Ferreira (1996), señala que en un programa de fertirrigación para hortalizas y flores en invernadero; hay que tener en cuenta que:

- Los riegos son de “alta frecuencia”, regando cinco días a la semana, con descanso de sábados y domingos, un total de 20 días al mes.
- Los emisores o goteros son de 2 litros por hora.
- Tanto la dosis de agua y de fertilizantes se expresan por m².

2.8.1 Calidad del agua para fertirriego

Según Martínez (1994), la calidad del agua de riego es un conjunto de propiedades que permiten un adecuado aporte de nutrientes a la solución, la conservación de las características del suelo y el buen mantenimiento de los equipos de riego; la calidad se define según su contenido de partículas disueltas o en suspensión, las cuales pueden ser de origen físico, químico o biológico.

El control de pH de una solución nutritiva resulta de suma importancia. Un pH demasiado alcalino puede provocar la precipitación del hierro, manganeso, fosfato, calcio y magnesio

en forma de sales insolubles no asimilables para las plantas; mientras que soluciones con pH demasiado ácidos pueden inducir carencias de calcio y cationes (Valdés, 1996).

Así mismo, señala que la calidad del agua que se utilice para el riego está determinada por los elementos que estén disueltos o en suspensión y se puede detectar mediante la conductividad eléctrica. Esta es una medida del contenido total de sales en el agua y se expresa en miliSiemens (mS/cm) ó milimhos/cm (mmhos/cm). La conductividad eléctrica tiene un valor directamente proporcional al contenido de sales solubles en el agua.

Cuadro 2: Parámetros de calidad de agua de riego

PARAMETRO DE CALIDAD	SIMBOLO	UNIDAD	INTERVALO USUAL
Salinidad			
Contenido en sales			
Conductividad eléctrica	CEa a 25 °C	µS/cm	0-3000
	CEa a 25 °C	dS/cm	0-3
Materia disuelta total	MDT	mg/L	0-2000
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ²⁺	mg/L	0-400
Magnesio	Mg ²⁺	mg/L	0-60
Sodio	Na ⁺	mg/L	0-900
Carbonatos	CO ₂	mg/L	0-3
Bicarbonatos	HCO ₃	mg/L	0-600
Cloruros	Cl ⁻	mg/L	0-1100
Sulfatos	SO ₂	mg/L	0-1000
Diversos			
Boro	B	mg/L	0-2
pH	pH	-	6.5-8.5
SAR	SAR	-	0-15

Fuente: UPM (1997)

2.9 Los fertilizantes en el suelo

Se conoce como fertilizante a una sustancia que se agrega al suelo para suministrar aquellos elementos que se requieren para la nutrición de las plantas. Un material fertilizante es una sustancia que contiene uno o más de los elementos esenciales para las plantas. Los fertilizantes completos contienen los tres macroelementos para las plantas: nitrógeno, fósforo y potasio. (Hirzel, 2009).

2.9.1 Importancia de la solubilidad de los fertilizantes

Estrada (1997), señala que la solubilidad de los fertilizantes sólidos cristalizados es la capacidad de disolución de la sal o molécula fertilizante en agua. Esta capacidad está relacionada a la composición química y física de la molécula, lo cual incide en su velocidad de disolución. En general, los fertilizantes solubles son electrolitos fuertes, es decir, se solubilizan al 100%, aunque algunos fertilizantes mal llamados solubles contienen impurezas insolubles en agua. El porcentaje de insolubles debe ser mínimo (bajo 0,01%) o nulo en un fertilizante soluble. En este concepto influye la pureza de la sal fertilizante, la cual incide en los insolubles y en las impurezas.

En cambio INIA (2009), indica que la solubilidad es la capacidad de disolución de un producto en el agua de riego, la cual varía según la temperatura del agua, resultando que a mayor temperatura, mayor solubilidad. Existen productos muy solubles o que se disuelven muy bien en agua, como es el caso de la Urea, Nitrato de Calcio y Nitrato de Potasio; otros son medianamente solubles como el Cloruro de Potasio, Fosfato Diamónico y Nitrato de Amonio; y finalmente existen productos menos solubles como el Sulfato de Calcio (yeso), el Superfosfato Triple, el Superfosfato Normal y Sulfato de Hierro.

2.9.2 Nutrición mineral

Torres (2009), señala que para una correcta fertilización debemos tener en cuenta el estado de crecimiento y de desarrollo del cultivo, más las condiciones del suelo y del agua. El cultivo de frutilla, desde la implantación hasta la cosecha, manifiesta cambios en su morfología por lo tanto sus requerimientos nutricionales son diferentes en cada etapa fenológicas; estas etapas son: transplante, primera floración, inicio de cosecha, cosecha, fin de cosecha.

3.10 Absorción de nutrientes de la fresa

Las absorción de nutrientes en fresa estudiadas por Molina, et al. (1993), demostraron que la absorción de nutrientes durante las primeras nueve semanas de establecida la plantación es muy baja, luego se incrementa la absorción de los diferentes elementos encontrándose que los valores máximos de absorción ocurren en las semanas 18, 23 y

28, etapas que coinciden con las etapas de mayor producción de frutos. El período de mayor absorción se encuentra entre las semanas 9 y 26. Las primeras 12 semanas se debe agregar el 20% del fertilizante requerido, en el período comprendido entre las semanas 12 y 18 se debe aplicar 40% y entre las semanas 20 y 24 se debe aplicar el restante 40%.

2.10.1 Requerimiento de fertilizantes

Según Gambardella (1996), indica que aunque las dosis de fertilizante, deben ser establecidas en base a los resultados del análisis del suelo, pero las recomendaciones generales se encuentran entre los siguientes rangos:

- Nitrógeno (N), entre 150 a 180 kg.ha⁻¹
- Fosforo (P₂O₅), entre 75 a 80 kg.ha⁻¹
- Potasio (K₂O), entre 150 a 250 kg.ha⁻¹

Cuadro 3: Requerimientos nutricionales de la frutilla

MACRONUTRIENTES (%)		MICRONUTRIENTES (ppm)	
N	2.50 - 4.00	Fe	50 - 250
P	0.25 - 1.00	Mn	30 - 350
K	1.25 - 3.00	B	20 - 75
Ca	1.00 - 2.50	Cu	6 - 100
Mg	0.25 - 1.00	Zn	20 - 250
S	0.13 - 0.48	Mo	0.25 - 0.50
		Cl (%)	0.10 - 0.50
ELEMENTOS NO ESENCIALES (ppm)			
	Na		00 - 2000
	Al		00 - 250

Fuente: Chirinos (2005)

Cuadro 4: Requerimiento de la frutilla gramos /planta

Cultivo	N (g/planta)	P ₂ O ₅ (g/planta)	K ₂ O (g/planta)
Frutilla	2.7	1.3	4.7

Fuente: SOBIP (2006)

2.11 Fertilizantes potásicos

2.11.1 Nitrato de potasio

Torres (2009), indica que la fuente más popular para formular fertilizantes líquidos es el nitrato de potasio. Presenta ventajas de solubilidad, alta concentración de potasio y además aporta nitratos en cantidades razonables, para suplir una buena parte de los requerimientos de nitrógeno. El grado de solubilidad varía fuertemente con la temperatura. Por ello en aguas de riego con alto nivel de bicarbonatos y calcio se deben bajar las dosis o bien acidular con ácidos nítrico o fosfórico. Desde el punto de vista de la salinidad conviene utilizar concentraciones menores a 1 g/L. En fertirrigación por goteo se aconseja no superar concentraciones de 0,5 g/L o sea 500 g/m³.

2.11.2 Sulfato de potasio

Sánchez (2000), menciona que el sulfato de potasio cristalino es un fertilizante que a diferentes concentraciones, no influye en la temperatura final de la solución. En cuanto al pH, el sulfato de potasio genera una reacción alcalina. La salinidad que genera el sulfato de potasio a partir de una solución de 1 g/L es un poco superior a la generada por el nitrato. Entre sus ventajas suministra azufre en cantidades suficientes, necesarias para aquellos suelos de bajo contenido de materia orgánica, ausencia de agregado de estiércol o de otros fertilizantes con azufre en su fórmula. Debe utilizarse en dosis pequeñas y continuas; también puede combinarse con ácidos nítrico o fosfórico.

2.12 Nitrogenados

Vidal (2002), indica que el nitrógeno es el principal nutriente que debe considerarse en la provisión por el riego, es el más fácil de manejar en fertirriego ya que hay muchas fuentes solubles y baratas. Las concentraciones más frecuentemente mencionadas como óptimas en la solución de suelo, son 200 a 250 ppm (mg/L) de N, y regulan las recomendaciones de fertilización en ese nivel. Comenzando el ciclo de cultivo con concentraciones menores, de 100 ppm, éstas se incrementan a medida que el cultivo crece, entra en floración y producción hasta 200 a 250 según los niveles de extracción. Este aumento se debe al aumento en las tasas de absorción del cultivo a medida que este crece y se desarrolla. Las cantidades totales a agregar por cultivo, dependen de los factores

analizados antes; es decir, etapa de crecimiento del cultivo, modalidad de cosecha o gustos del mercado, variedad, etc.

2.12.1 La urea

La urea posee las ventajas de su solubilidad, su precio y su disponibilidad generalizada. Sin embargo debe adquirirse aquella específicamente formulada para fertirriego, ya que la corriente posee un "anticaking" que una vez disuelto puede tapar goteros. La principal desventaja es que necesita de más días para transformarse en amonio en el suelo y condiciones más restrictivas para nitrificarse. Cuando las condiciones para una óptima nitrificación (altas temperaturas y bajo acidez) no ocurren, hay acumulación en exceso de amonio, creando condiciones desfavorables para la nutrición nitrogenada. En condiciones de condiciones pobres para fotosíntesis pobres (Luz, CO₂, temperatura), la acumulación de NH₄ es tóxica en la planta. Otra desventaja adicional es su alta solubilidad, ya que al igual que el nitrato de amonio, tiende a moverse con el agua hacia el frente de humedecimiento, y así perderse por lavado. Con equipos de riego de baja eficiencia puede causar deficiencias de aporte de N en exceso de agua (Vidal, 2002).

2.13 Cultivos verticales

Folquer (1986), menciona que esta modalidad de cultivo tiene sus inicios en la Universidad de Catania en el año de 1976 y lo han denominado el sistema "Tropea" y fue mejorado en Italia en 1977 con el nombre del método "Fersini Rinaldi". El comportamiento de la fresa en la modalidad de cultivo vertical.

Además, añado que el cultivo vertical se puede hacer con tubos de P.V.C., tubos de concreto o gres y lámina galvanizada que se denominarán tubos rígidos y por su peso deben ir soportados en el piso sin embargo por sus cualidades el polietileno es el más usado en la actualidad. Para obviar los problemas que presentan los tubos enterrados en el piso como sobresaturación de nutrientes ya que no hay un buen drenaje así como la incidencia de plagas como ratones por el contacto con el suelo, se ha impuesto la técnica del tubular plástico que por su bajo peso se pueden colgar en los árboles, cornizas de los techos en el caso del cultivo casero, para un solo tubular si vamos a sembrar mayor cantidad de tubulares se hace necesario la utilización de una estructura. Los tubulares son generalmente de 1.20 a 1.80 metros de largo y de 0.25 a 0.30 metros de diámetro, los

tubulares van colgados de una estructura que puede ser de madera o metálica, amarrados con alambre; este sistema también ha sido denominado hidro-aeroponía vertical, el sustrato a utilizar debe ser liviano ya que si utilizamos sustratos pesados el plástico se puede romper con facilidad.

El sustrato debe tener una gran capacidad de retención de humedad ya que la solución drena muy fácilmente por la posición del tubular; se puede pensar en cascarilla de arroz, ceniza de arroz, piedra pómez o la mezcla entre estos, la mezcla cascarilla-escoria en proporción de 1 a 1 hasta 3 a 1 por volumen ha dado excelentes resultados. Las plantas van distribuidas en cuatro filas verticales y en cada fila se colocan los estolones separados entre si a 25-30 centímetros o sea que en cada fila caben 5 plantas por consiguiente cada tubular tendrá 20 plantas, cada planta debe ir intercalada entre cada fila para aprovechar la luminosidad y que no exista competencia entre las plantas (Folquer, 1986).

Ventajas

- Es un sistema de fácil manejo.
- No permite el ataque de plagas como ratones, pájaros y babosas.
- Es decorativo.
- Es de bajo costo.
- La densidad de siembra es 4 veces mayor que en suelo.

2.14 Sistema de riego

Tantani (1996), menciona que el sistema de riego consta de tubería de ½ pulgada, con perforaciones de una aguja. La frecuencia de riego hasta la primera floración se realiza cada dos días con un caudal de 80/cc/min/bolsa. Una vez iniciada la formación del fruto dicha frecuencia es cada cinco días, esto para evitar daños en el cuajado de los frutos.

Verdier (1987), señala que los sacos pueden ser irrigados por medio de tuberías con puntos de descarga cada 0.30m y caudales de 2.9 lt/hora/goteo, a una presión de trabajo de 0.7 Kg.m². Los volúmenes de agua aplicados están en función de las circunstancias

medio ambientales y de los requerimientos de la planta, de manera que se obtenga la mínima percolación en los orificios de drenaje en la parte inferior del saco.

3.15 Sustratos para frutilla

Según Abad (2005), los sustratos pueden ser orgánicos e inorgánicos. Dentro del primer grupo encontramos: turbas (negra, rubia, neutralizada, enriquecida, etc.), sphangum, fibra de coco, subproductos agroindustriales (cascarilla de arroz), residuos forestales (acículas de coníferas y corteza de pino) y subproductos orgánicos compostados. Los sustratos inorgánicos pueden ser de origen natural, poco o nada transformados (grava, arena, picón) o transformados (arrita, lana de roca, perlita, vermiculita), y reunir las siguientes propiedades físico-químicas:

- Gran capacidad de retención de agua fácilmente disponible, con objeto de que la planta extraiga el agua necesaria para sus funciones, con el menor gasto energético posible.
- Aireación suficiente, con el fin de que el oxígeno disuelto en el agua no sea un factor limitante para el crecimiento y el buen funcionamiento del sistema radicular.
- Una granulometría (tamaño de partículas) equilibrada, que garantice el cumplimiento de las propiedades anteriormente mencionadas. El hecho de que la granulometría de un sustrato cambie con el tiempo, obliga a la renovación del sustrato después de un determinado número de años.
- Una densidad aparente baja, lo que hace que el sustrato sea un producto ligero.
- Una porosidad elevada, de forma que permita una buena aireación y una elevada capacidad de retención de agua.
- Una estructura estable, que impida la dilatación o contracción del medio.
- Una capacidad de intercambio catiónico compatible con el tipo de fertirrigación aplicado al cultivo: alta, si la fertirrigación es intermitente, y baja, si es permanente.

- Baja salinidad y alta disponibilidad de sustancias nutritivas asimilables.
- Poder tampón (capacidad de amortiguamiento), especialmente para mantener el pH del medio.
- Velocidad de descomposición lenta.
- Que esté libre de semillas o reservorios de plagas (insectos, larvas o huevos), enfermedades (hongos, bacterias), nematodos y otros patógenos o sus vectores.
- Que sea fácil de desinfectar y estable ante los agentes que se pueden utilizar para desinfectarlo (vapor de agua, solarización, productos fitosanitarios).
- Estable frente a cambios físicos (temperatura), químicos (pH) y ambientales.

2.16 Ambiente atemperado

Estrada (2010), señala que los ambientes atemperados (carpa solar) son infraestructuras atemperadas de bajo costo, de fácil accesibilidad de materiales en el mercado y apto para el cultivo de hortalizas y plantas aromáticas, ideal para el altiplano y en agricultura urbana y periurbana en las grades ciudades de altura del occidente del país.

Así mismo indica, que estas infraestructuras son de distintas formas: tipo túnel, dos aguas, media agua, subterráneo y semisubterránea, dependiendo el lugar donde se ubique.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

3.1.1 Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro “Wara Warita”, zona Alto Pampahasi, macrodistrito San Antonio de la Ciudad de La Paz, carpas solares dependientes del Proyecto Huertos Orgánicos (UNACE), con apoyo de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) en convenio con el Gobierno Autónomo de la Ciudad de La Paz.

Geográficamente ubicada a una altitud aproximada de 3880 m.s.n.m., a 16° 29' 38" Latitud Sud y 68° 06' 19" de Longitud Oeste como se muestra en la (figura 10).



Fuente: Google Earth (2010)

Figura 10: Croquis de ubicación del centro “Wara Warita”

3.2 Materiales

3.2.1 Infraestructura

El ambiente atemperado (carpa solar) tipo doble agua, es una instalación donde se crean las condiciones para el cultivo de las hortalizas, prácticamente se crea un ambiente artificial con la protección de un material plástico agrofilm con sus respectivas dimensiones (cuadro 5), además de una adecuada mezcla de los componentes del suelo y el uso adecuado de el agua. (CEDEFEOA, 1989).



Figura 11: Ambiente atemperado (Carpa solar) tipo dos aguas del ensayo

Cuadro 5: Dimensiones del ambiente atemperado

Nº	DETALLE	DIMENSIONES
1	Largo	15 m
2	Ancho	8 m
3	Altura paredes laterales	1.20 m
4	Altura paredes delanteras	2.50 m
5	Tipo de cobertura	Agrofilm de 250µ
6	Nº de ventanas	9
7	Superficie total	120 m ²

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Material Vegetal

El material vegetal que se utilizó en la presente investigación (figura 12), está constituido por tres variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.), la elección de estas variedades fue debido a la demanda en el mercado y a su buen rendimiento.

Nº	Variedad	Procedencia	IMAGEN
1	Chandler	Ocomisto	
2	Oso Grande	Ocomisto	
3	Sweet Charlie	PROINPA-Cbba	

Figura 12: Variedades de frutilla

Las variedades Chandler y Oso Grande se adquirieron de las carpas solares perteneciente al Ing. Valerio Ticona de la zona de Ocomisto, carretera a Kallutaca, mientras la variedad Sweet Charlie de PROINPA (Programa de Investigación de Productos Andinos) ubicada en la zona El Paso, avenida Blanco Galindo Cochabamba.

3.2.3 Fertilizantes para fertirriego

Cuadro 6: Fertilizantes comerciales para fertirriego

Nº	Fertilizantes potásicos	Formula	Riqueza	Solubilidad ¹	Impureza %
1	Nitrato de potasio	(KNO ₃)	13-0-46	316	5
2	Sulfato de potasio	(K ₂ SO ₄)	0-0-50	110	10

Fuente: Martínez (1998)

3.2.4 Agua

El agua que se utilizó como testigo fue de grifo, es potable y proveniente de la planta de tratamiento de Pampahasi, alimentado por la represa de Hampaturi.

3.2.5 Material de campo

Libreta de campo, marcadores, cámara fotográfica y planillas de registros, pH-metro, conductivímetro, probetas de 200ml, balanza analítica, vaso precipitado de 500ml, carretilla, palas, cinta métrica, tijera, botellas pett, tubos de plástico de 1 pulgada, termómetro, higrógrafo, jarras de 1lt, baldes de 10 lt.

3.2.6 Componentes del sustrato

- Tierra negra procedente de la comunidad de chicani.
- Turba procedente de chuquiaguillo
- Arena fina

¹ Solubilidad en gr./L (Kg/m³) a 20 °C de la forma cristalina de la sal, de aqu ellos fertilizantes más usados para preparar soluciones de fertirrigación.

3.2.7 Material tubo PVC

27 tubos PVC de 6 pulgadas y 1m de altura, 27 cañerías de 1 pulgada y 1 metro de altura, agrofílm de 250 μ para el drenaje en la parte baja de los tubos.

3.3 Metodología de trabajo

3.3.1 Diseño experimental

El presente estudio se desarrolló bajo el diseño parcelas divididas en bloques al azar con arreglo bifactorial, con nueve tratamientos y tres repeticiones, haciendo un total de tres bloques y 27 unidades experimentales.

3.3.2 Análisis de varianza

Los datos extraídos de cada tratamiento fueron analizados mediante el análisis de varianza, parcelas divididas en bloques al azar, propuesto por (Calzada, 1982) basándose en el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + \xi_i + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación cualquiera

μ = Media general

ξ_i = Efecto de i-esimo bloque

α_j = Efecto del j-esimo tratamiento (dosis de fertirriego)

β_k = Efecto de k-esima efecto en variedades de frutilla

$(\alpha\beta)_{jk}$ = Efecto interacción dosis de fertirriego en variedades de frutilla

ϵ_{ijk} = Error experimental

3.3.3 Análisis estadístico

En función al modelo lineal del diseño bloques al azar con arreglo bifactorial (calzada, 1980), se realizó el análisis de varianza correspondiente a las variables de estudio con el programa estadístico SPSS versión 17.0. Para la comparación de medias se realizó la

prueba de Duncan (5 %). Además se efectuó un análisis multivariado realizando regresiones y correlaciones entre variables de respuesta.

a) Factores de Estudio

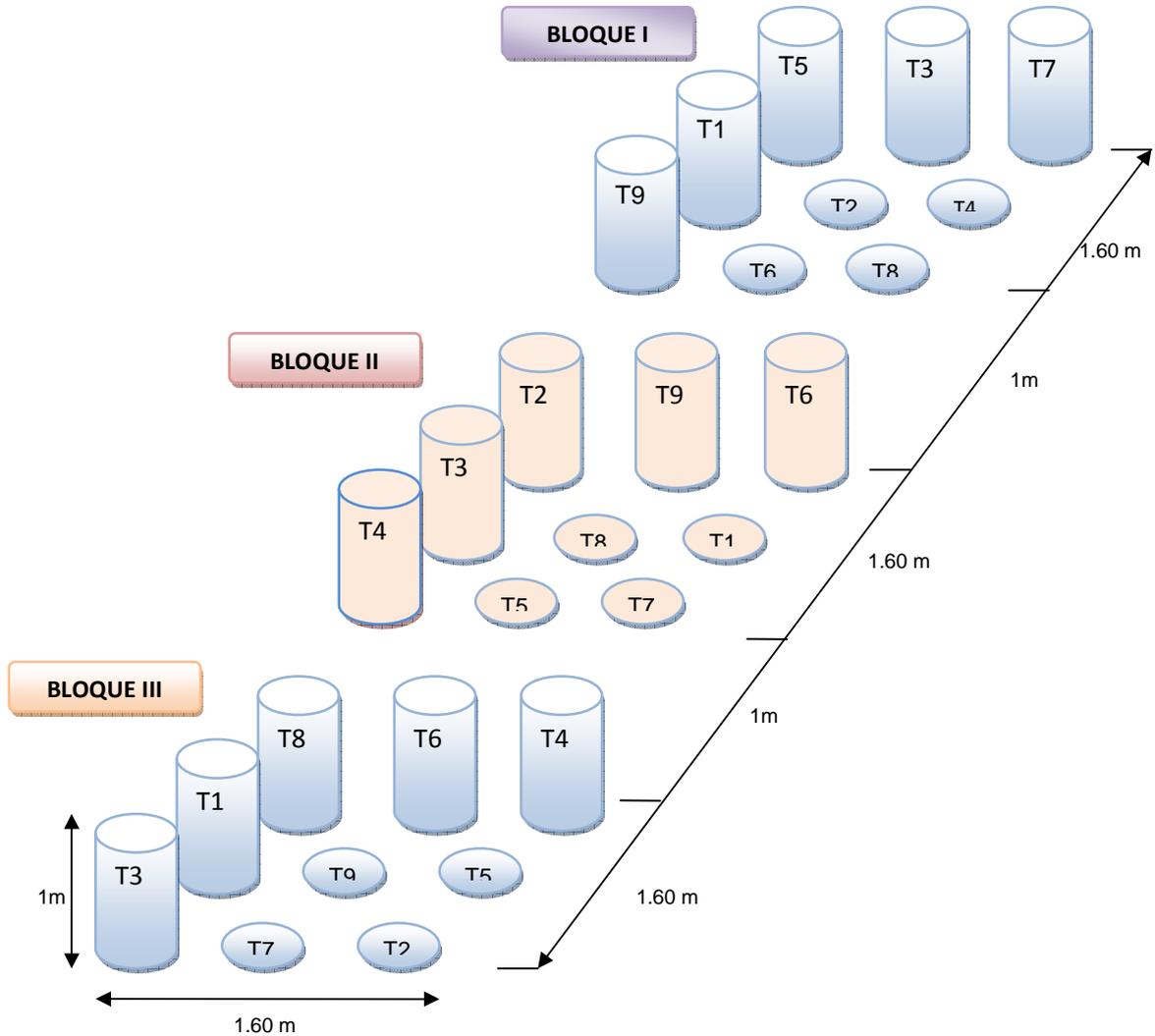
FACTOR A	FACTOR B
FERTILIZANTES POTASICOS	VARIEDADES
$a_1 = \text{Nitrato de potasio } (KNO_3)$ $a_2 = \text{Sulfato de potasio } (K_2SO_4)$ $a_3 = \text{Agua (testigo)*}$	$b_1 = \text{Chandler}$ $b_2 = \text{Oso grande}$ $b_3 = \text{Sweet Charlie}$

* El agua de grifo común y corriente

b) Tratamientos resultantes de las combinaciones de factores

TRATAMIENTOS	COMBINACIONES
<i>T1</i>	<i>a1b1 = Nitrato de potasio + Chandler</i>
<i>T2</i>	<i>a2b1 = Sulfato de potasio + Chandler</i>
<i>T3</i>	<i>a3b1 = Agua + Chandler</i>
<i>T4</i>	<i>a1b2 = Nitrato de potasio + Oso grande</i>
<i>T5</i>	<i>a2b2 = Sulfato de potasio + Oso grande</i>
<i>T6</i>	<i>a3b2 = Agua + Oso grande</i>
<i>T7</i>	<i>a1b3 = Nitrato de potasio + Sweet Charlie</i>
<i>T8</i>	<i>a2b3 = Sulfato de potasio + Sweet Charlie</i>
<i>T9</i>	<i>a3b3 = Agua + Sweet Charlie</i>

c) Croquis del experimento



Donde:

Nº Var de frutillas	=	3
Nº de plantas por contenedor	=	10
Diámetro del orificio (boquete)	=	7 cm
Distanciamiento entre hilera	=	0.20m
Distanciamiento entre tratamiento	=	0.80m
Superficie de la unidad experimental	=	0.64m ²
Área experimental	=	10.88m ²

3.4 Fase de instalación

a) Acondicionamiento del ambiente atemperado

Se realizó la reconstrucción de todo el ambiente de la carpa solar, efectuando las respectivas reparaciones y acondicionamientos que requiere (figura 13) estas fueron: cambio de callapos, agrofilm, viguetas nuevas, cambio de ventanas, pintado de puerta y marcos de las ventanas, etc.



Figura 13: Trabajos de reacondicionamiento de la carpa solar

b) Preparación del sustrato

Para la preparación del sustrato se realizó varias pruebas de densidad aparente y capacidad de campo, añadiendo y disminuyendo los insumos (tierra negra, turba y arena fina), con el fin de obtener un sustrato que no se compacte, el cual cumpla con los propósitos de ser poroso, buena retención de humedad, y suelto para las plantas, llegando por consiguiente a la siguiente relación: **A** 50% de tierra negra, **B** 40% de turba y **C** 10% de arena fina (Figura 14).

Los trabajos físicos que se realizaron en el sustrato se muestran en el (cuadro 7).

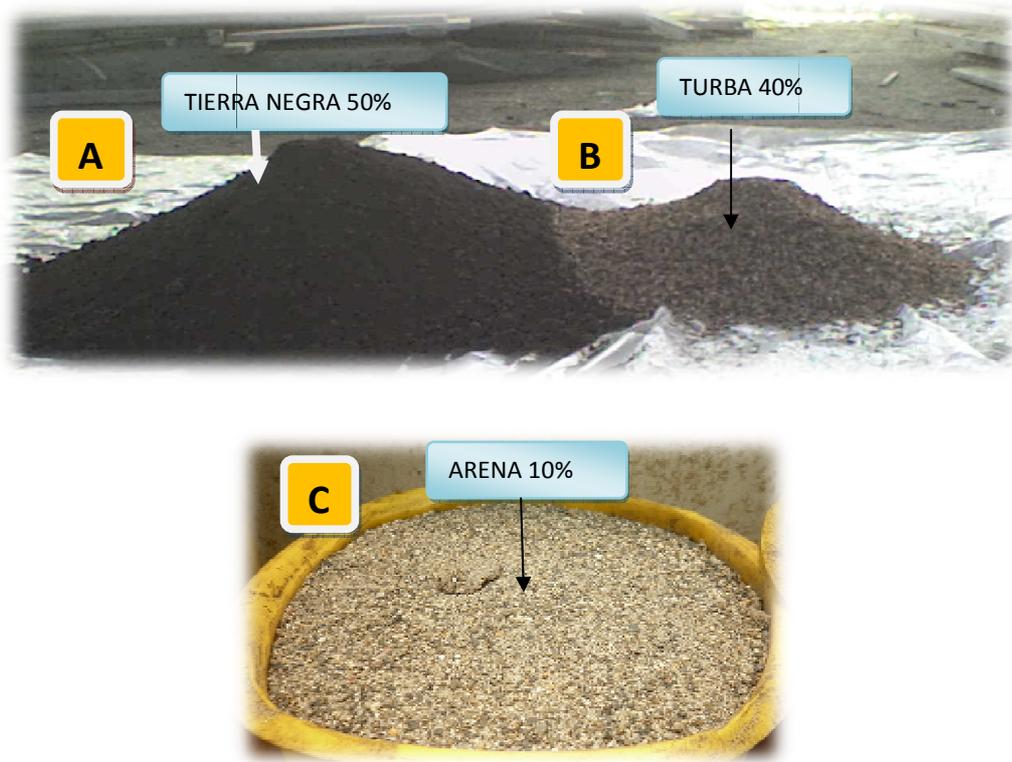


Figura 14: Insumos para el sustrato

Cuadro 7: Trabajos realizados en el sustrato

Nº	Descripción	Resultado
1	Densidad aparente	0.5 gr/cm ³
2	Densidad real	2.65 gr/cm ³
3	Porosidad	81%
4	Capacidad de campo	62.5 %
5	Punto de marchitez permanente	6 %
6	Humedad disponible	56.5 %
7	Frecuencia de riego	4 días
8	Tasa de riego	1 litro

Fuente: Elaboración propia

c) Muestreo y análisis físico-químico del sustrato

Se tomó una muestra del sustrato a usarse (50% suelo agrícola, 40% turba y 10% arena) consistiendo en cuartear la muestra y quedarse con 1 kilo para el análisis físico químico en laboratorios del Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear IBTEN (anexo 14).

d) Análisis de agua de riego

Se realizó el análisis químico del agua potable en el Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear, con el propósito de verificar los elementos químicos que posee (anexo 15).

La calidad del agua de riego depende de sus características físicas y químicas y tiene su importancia para determinar la carga de elementos que posee, dando lugar al uso condicionado del agua de riego, dependiendo del cultivo y del suelo específico que se trate (Hirzel, 2009).

e) Construcción de los Tubos PVC

Los tubos tienen una altura de 1 metro y un diámetro de seis pulgadas (figura 15), cada tubo presentó 10 perforaciones (boquetes) en la parte exterior a una distancia de 0.25 m de boquete a boquete y 0.20 m de nivel a nivel, cabe mencionar que las perforaciones tiene un diámetro de 7 cm.



Figura 15: Tubos PVC perforados (boquetes) para la frutilla

f) Distribuidor de riego uniforme (cañería de 1 pulgada)

El drenaje de la cañería es una tecnología nueva, se utilizó una cañería de 1 pulgada diámetro y una altura de 1 metro, rellena de 3 capas de (arena fina, gravilla, arenilla),

para evitar un caudal demasiado acelerado al momento del riego a causa de la gravedad, problema característico en cultivos verticales llamados también “mangas”.

Los huecos en la cañería son de acuerdo a la densidad de los boquetes del tubo de 7cm (figura 16), este método es nuevo en cultivos verticales.

Para efectuar el riego se introdujo una botella de plástico a la inversa (figura 17), unido con teflón y cinta aislante con la cañería.



Figura 16: Huecos de la cañería



Figura 17: Botella de pet unido con la cañería

g) Llenado del sustrato

Se echó el sustrato preparado a los tubos PVC de 6 pulgadas con el sustrato preparado de acuerdo a la determinación con los 40 golpes compactación a una altura de 30 cm, este trabajo tiene como objeto distribuir de forma uniforme el sustrato en los tubos. En cada tubo PVC entró 10 Kg de sustrato

h) Armado y soporte de los tubos PVC

Una vez llenados con el sustrato los tubos PVC se procedió a colgarlos en soportes armados en los callapos del techo de la carpa solar, cada listón tiene en largo de 4 metros suficientemente fuertes para sostener a tres tubos PVC, los tubos colgados desde la base hasta el suelo tienen una altura de 0.40 m de altura, y desde el techo al tubo una altura de 1m, estas fueron sujetadas con alambre galvanizado en los dos lados del diámetro del tubo.

La estructura para soportar los tubos PVC fue suficientemente fuerte para resistir 270 kg de sustrato distribuidos en 27 tubos colgados (figura 18).



Figura 18: Estructura con los tubos PVC colgados

i) Transplante de frutillas

Antes realizar el transplante, las plántulas de frutilla fueron sumergidas por 24 horas en caldo de humus de lombriz a una relación en volumen de 1:3 (1 parte de humus de lombriz y 3 partes de agua) con el propósito de estimular la formación de nuevas raíces.

El transplante de las variedades de frutilla se realizó, de acuerdo a las aperturas de los boquetes del tubo PVC de la investigación, teniendo 10 plantas por tubo (figura 19), eliminando las hojas viejas y desenraizado para acelerar el prendimiento. El procediendo del transplante debe ser en horarios de la mañana hasta las 10 am, y en las tardes a partir de las 15 pm cuando las temperaturas son más frescas, de esta forma se evita el estrés en las plantas.

Pasos para el transplante:

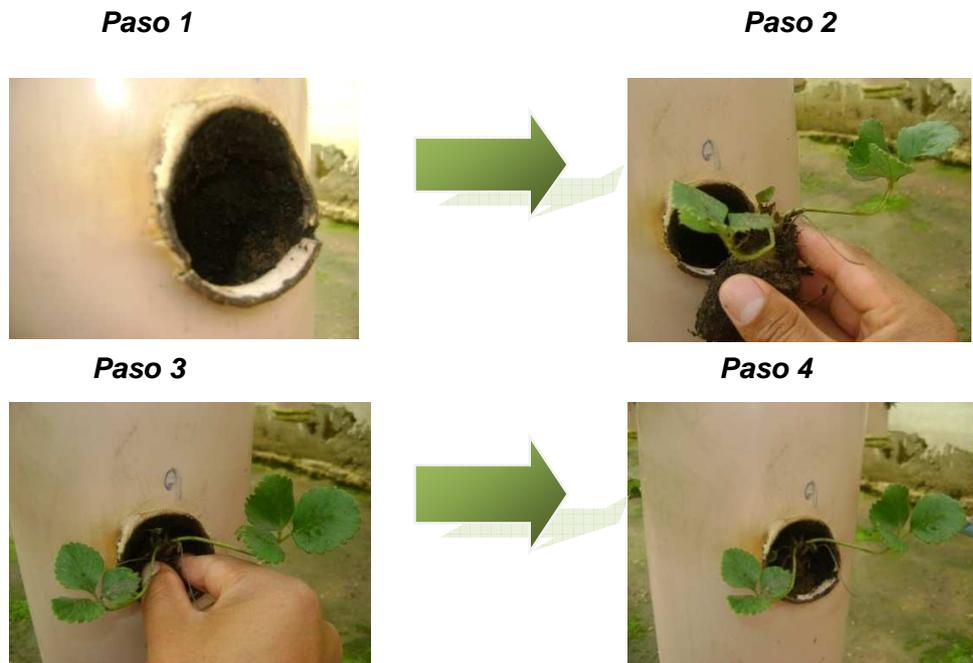


Figura 19: Pasos que se siguen para el transplante de frutillas en tubos PVC: **Paso 1:** Boquete del tubo PVC listo para recibir una plántula de frutilla. **Paso 2:** Introducción de la plántula con el pan de tierra. **Paso 3:** Aplastar un poco con el sustrato. **Paso 4:** Plántula de frutilla ya transplantada.

j) Preparación de la solución de fertirriego y aplicación de las dosis

La preparación de la solución de fertirriego se realizó de acuerdo a la interpretación de los resultados de análisis del sustrato y el agua, cubriendo de esta manera los requerimientos nutricionales de la planta (SOBIP, 2006) en sus cuatro fases fenológicas (prendimiento, desarrollo, floración y fructificación) con las siguientes dosis en cada etapa (dosis baja 20%. dosis media 30%, y dosis alta 50%).

En la fase de prendimiento se realizó riegos con agua de grifo a todos los tratamientos por un mes y medio (45 días), a una frecuencia de 4 días y una taza de riego de 1 L/ tubo PVC, luego se efectuó 2 aplicaciones de solución de urea a una relación de 1 g/ L en los tratamientos T1, T2, T4, T5, T7 y T8. Tres aplicaciones hasta completar los dos meses (60 días), no se aplicó en los tratamientos testigo T3, T6 y T9.

En la fase de desarrollo se aplicó las dosis de fertirriego (dosis baja) con nitrato de potasio a una relación de 0.5g/L en los tratamientos T1, T4 y T7, haciendo un total de 9 litros aplicados en los tres bloques y en tubos PVC, la disolución se realizó a una temperatura del agua de 15°C agitando 10 minutos para que se solubilice todo el producto, total de solución aplicado fue de 108 litros de solución con (nitrato de potasio) en 45 días que duró esta fase; en cuanto a la solución de fertirriego con sulfato de potasio se aplicó 0.3 g/L en los tratamientos teniendo 9 litros, totalizando 108 litros aplicados en 45 días en esta fase fenológica, en los tratamientos T2, T5 y T8.

En la fase de floración 30 días (dosis media) se aplicó la dosis de Nitrato de potasio a una relación de 0.7 g/L en los tratamientos T1, T4 y T7 en total se aplicó 81 litros de esta solución en 30 días en esta fase. En los tratamientos con la solución de sulfato de potasio T2, T4 y T8 se utilizó la dosis de 0.5 g/L por tubo PVC en total en esta fase se utilizó 81 litros de esta solución.

En la fase de fructificación se aplicó la (dosis alta) que consiste en 1g/lit de nitrato de potasio a los tratamientos T1, T4 y T7 y 0.8 g/L de sulfato de potasio a los tratamientos T2, T4 y T8; el plan de fertirriego se presenta en el (anexo 2).

Se realizó riegos con agua de grifo 2 veces al mes con el propósito de evitar la acumulación de sales, controlando la C.E. y pH del líquido drenado de los tubos PVC.



Figura 20: Pesaje del nutriente



Figura 21: Solución de fertirriego

3.5 Fase de seguimiento

a) Labores culturales

Las labores culturales fueron:

- **Poda de hojas viejas.-** Se realizó la poda de las hojas viejas para evitar la entrada de enfermedades en la frutilla, cuando termina la cosecha conviene hacer una poda general del follaje de la planta (figura 22), para posteriormente realizar un control fitosanitario y su fertilización correspondiente. Así las plantas estarán preparadas para un segundo año de producción que será más abundante (Ticona, 2001).



Figura 22: Poda de hojas viejas

- **Control fitosanitario.-** El control natural de plagas y enfermedades consiste una limpieza periódica de hojas secas o deterioradas y flores o frutas descompuestas, una vez detectada alguna plaga es necesario aplicar productos de macerado de plantas aromáticas (figura 23).



Figura 23: Control agroecológico con plantas aromáticas

b) Control de temperatura

Se controló la temperatura realizando una lectura por día, el termómetro fue ubicado en el centro de la carpa solar.

c) Cosecha

La cosecha de los frutos se realizó de forma escalonada de acuerdo a la madurez fisiológica que presenta, estas deben tener 3 partes del fruto de color rojo, se procedió esta tarea de forma manual (figura 24), a una distancia de un centímetro cortando el pedúnculo con la uña para posteriormente pesarlo en una balanza.



Figura 24: Cosecha de frutilla de forma manual

3.6 Fase de Evaluación

3.6.1 Variables de respuesta

a) Temperatura y humedad

Se registró los datos de las temperaturas máximas y mínimas, la humedad relativa de la carpa solar diariamente



Figura 25: Termómetro y el higrómetro instalados en el ensayo

b) Porcentaje de humedad del sustrato

Se tomo dos muestras, la primera una hora después del riego, y otra a los cuatro días, para obtener el consumo de agua por planta y la pérdida de humedad de cada sustrato.

El procedimiento fue el siguiente: se tomó 10 muestras de cada boquete de las unidades experimental muestreadas al azar, pesándolos inmediatamente, posteriormente secarlos en una hornilla para eliminar la cantidad de humedad que posee, la humedad gravimétrica del sustrato se calculo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ HS} = \frac{\text{psh} - \text{pss}}{\text{psh}} \times 100$$

Donde:

psh = Peso humedo del suelo

pss = peso seco del suelo

c) Porcentaje de mortandad

Para evaluar el estado sanitario de las plantas se tomó en cuenta la relación formulada por Wallen y Jackson (1975), estimando la mortandad en forma porcentual:

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Número de plantas muertas}}{\text{Total de pl. (sanas + muertas) observadas}} \times 100$$

3.6.2 Variables Morfológicas, Agronómicas

a) Altura de la planta

Para esta variable la medición se realizó a partir de los 30 días después del transplante, se midió desde la base de la planta hasta el ápice superior de la planta de las 10 plantas estudiadas por tubo PVC, este trabajo se realizó en todas las fases fenológicas.



Figura 26: Trabajo de medición de la altura de la planta

b) Número de hojas

Se cuantificó el promedio de hojas de las 10 estudiadas a partir de los 30 días después del transplante, durante todas las etapas fenológicas.



Figura 27: Planta con buen desarrollo foliar

c) Número de flores por planta

Se cuantificó el número de inflorescencias de acuerdo al desarrollo de cada tratamiento pero en general es a partir de los 65 días, (figura 28).



Figura 28: Inflorescencia de la variedad Chandler

d) Peso de frutos

Una vez cosechado, se pesó el fruto de cada tratamiento en una balanza de precisión expresado en g/fruto.



Figura 29: Peso del fruto expresado en gr.

e) Rendimiento por planta

Con los resultados de todas las cosechas se estimó el rendimiento final de cada variedad en un año de producción.



Figura 30: Rendimiento por tratamiento

f) Clasificación del fruto

Se contabilizó en forma gradual y en cada cosecha los frutos de cada parcela separándose los comerciales y no comerciales bajo la siguiente tipificación

Branzanti, (1989), clasifica la calidad del fruto de acuerdo al peso:

- Primera calidad, fruto mayor a 20 g de peso.
- Segunda calidad, fruto mediano de 12 - 20 g de peso.
- Tercera calidad, fruto pequeño de 3 a 12 g de peso.



Figura 31: Clasificación del fruto

g) Grados brix

La concentración de sólidos solubles o grados brix (°Brix) se determinó a través de un refractómetro muestreándose los frutos al azar de cada tratamiento, y se promediaron los valores.

3.6.3 Variables Económicas

Para la variable económica del presente ensayo se realizó un cuadro de costos de producción donde se presenta los costos variables, beneficios brutos, beneficios netos y un análisis de beneficio/costo para cada tratamiento.

a) Costos variables (CV). Se identifico los insumos que varía en cada tratamiento del ensayo. Se calcularon dichos costos por tratamientos. Los mismos fueron basados en precios del mercado. Teniendo estos valores, se procedió a sumar los totales.

b) Beneficio bruto (Bb). El beneficio bruto se calculó multiplicando el precio por el rendimiento obtenido de cada tratamiento, con la siguiente fórmula:

$$Bb = P * R$$

Donde

Bb = Beneficio bruto (Bs/m²)

P = Precio del producto (Bs/Kg)

R = Rendimiento (Kg/m²)

c) Beneficio neto (Bn). Este valor se obtiene restando el total de los costos variables del beneficio bruto.

$$Bn = Bb - Cv$$

Donde

Bn = Beneficio neto (Bs/m²)

Bb = Beneficio Bruto (Bs/m²)

Cv = Costo variable (Bs/m²)

d) Beneficio/costo (B/C). Este valor se obtiene dividiendo el beneficio bruto con el total de los costos.

$$B/C = Bb/Cv$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos durante la investigación respecto a las condiciones experimentales de campo y variables de respuesta se hallan a continuación:

4.1 Temperatura máxima y mínima

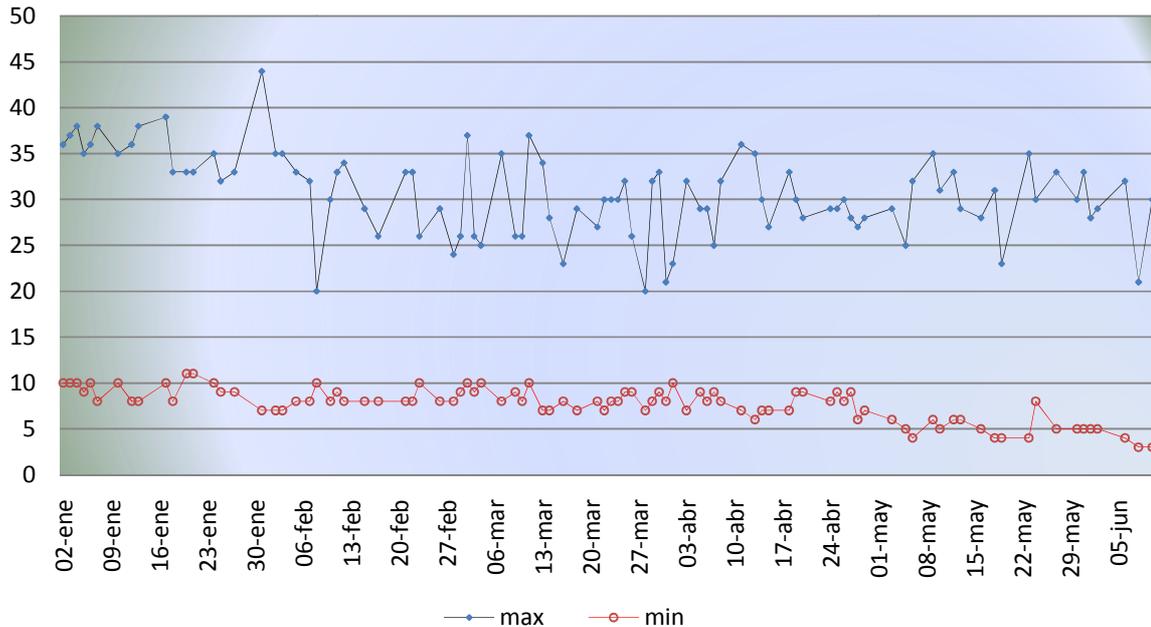


Figura 32: Temperatura máxima y mínima registrada en el ensayo

En los meses de enero, febrero, marzo se registraron temperaturas que sobrepasaron los 30°C y en la segunda quincena de mayo y principios de junio se registraron temperaturas de 4 a 3 °C influyendo en la floración de las variedades pre coces Chandler y Sweet Charlie. En consecuencia se produjeron abortos florales principalmente en estas variedades.

Al mismo tiempo, se observó que en los meses de mayor crecimiento y formación de flores (febrero y marzo) existió una temperatura adecuada a diferencia de otros meses, se arguye a que los días son más extensos la cual requiere la frutilla, el periodo crítico en las plantas es a partir de la floración, en las cuales requieren temperaturas con promedio de 25°C. Entre los meses de mayo y junio se registraron temperaturas mínimas de 3 °C

produciéndose quemaduras en los bordes de las hojas principalmente su observo este fenómeno en la variedad Chandler y Sweet Charlie.

Al respecto Chávez (2009), indica que la fresa es un cultivo que se adapta muy bien a muchos tipos de climas. Su parte vegetativa es altamente resistente a heladas, llegando a soportar temperaturas de hasta $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, aunque los órganos florales quedan destruidos con valores inferiores a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al mismo tiempo son capaces de sobrevivir a temperaturas estivales de $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los valores óptimos para una fructificación adecuada se sitúan en torno a $15\text{-}25\text{ }^{\circ}\text{C}$ de media anual.

4.2 Humedad relativa

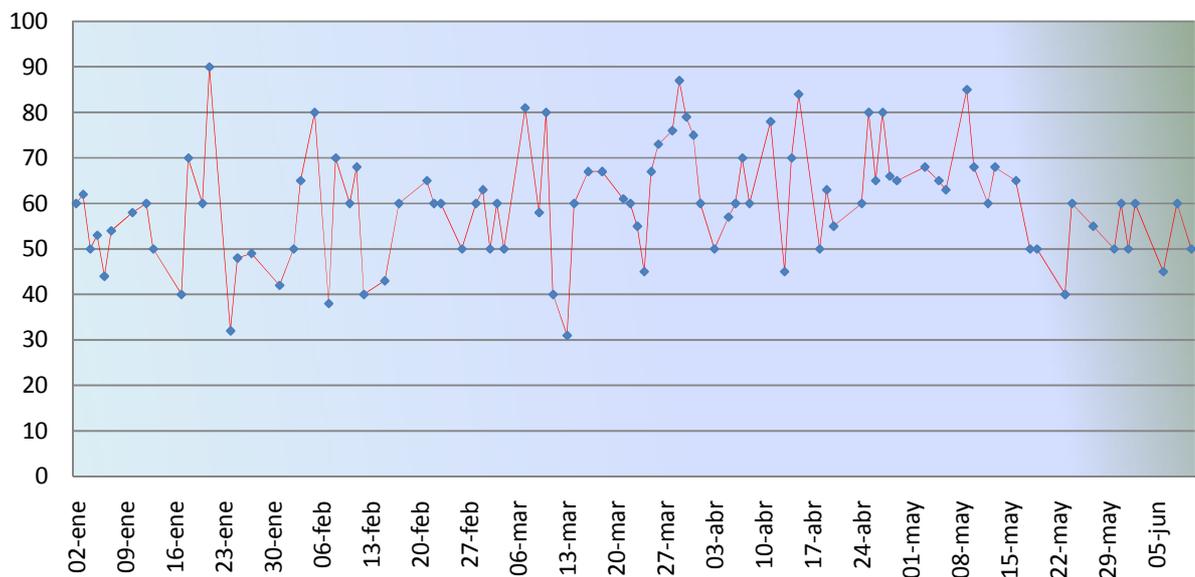


Figura 33: Humedad relativa registrada en el ensayo

En la figura 33, se observa la humedad relativa registrada durante el desarrollo de la frutilla. Las mismas son en promedio de 60% humedad óptima para el desarrollo de las plantas.

Usualmente, al aumentar la temperatura disminuye la humedad relativa, en el caso del experimento, el comportamiento fue un incremento de hasta 5% en el invernadero bioclimático en las horas de mayor temperatura, debido a que su temperatura disminuyó

al menos 4.8 °C con respecto al convencional. Sin embargo aun se puede apreciar que su línea de tendencia oscila entre el 30 a 40% (Chávez, 2009).

4.3 Análisis físico - químico del sustrato

El resultado del análisis del sustrato (50% suelo agrícola, 40% turba y 10% de arena) se observan en el siguiente cuadro:

Cuadro 8: Análisis físico - químico del sustrato (50% tierra negra, 40% turba y 10% arena).

CARACTERÍSTICAS	CATEGORÍA
Textura	Franco arenoso
pH	Muy fuertemente acida
CE dS/m	Muy baja presencia de sales
Cationes de cambio	
Aluminio	Media
Calcio	Alto
Magnesio	Alto
Sodio	Baja
Potasio	Media
TBI	Alta
CIC	Muy alta
MO%	Alta
N total	Alta
P asimilable ppm	Alta

Fuente: Análisis realizado en IBTEN, (2010).

En el cuadro 8, se muestra los resultados del análisis físico – químico de la muestra obtenida del sustrato, dando como resultado 42 Kg/ha de N disponible para la planta respectivamente, encontrándose en términos medios para cualquier tipo de cultivo: en el caso de la frutilla el nivel de extracción de nutrientes varía entre 150 – 180 Kg.ha⁻¹, incluyendo la capacidad de sintetizar nitrógeno atmosférico; la frutilla en todo su ciclo fenológico requiere de 180 Kg de N.ha⁻¹, teniendo insatisfecha esta necesidad de Kg.ha⁻¹.

En cambio se puede observar la presencia de 58 Kg/ha de P₂O₅ asimilable, presentes en el sustrato, estos resultados indican que se encuentran en términos altos, no obstante,

presenta una pH de 4.55 que es clasificado como fuertemente ácido presentando buena cantidad de calcio y fósforo disponible para la planta.

También el análisis nos muestra que tiene $77.4 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O encontrándose en términos medios para la planta, la frutilla requiere de 150 a $250 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, teniendo insatisfecha esta necesidad.

4.4 Análisis físico - químico del agua de riego

El resultado del análisis del agua de riego se detalla en el siguiente cuadro: cabe mencionar que el agua utilizada es de grifo.

Cuadro 9: Análisis físico – químico de aguas

PARAMETRO	RESULTADO
pH	6.55
Conductividad eléctrica	0.106 mS/cm
Sodio	15.50 mg/L
Potasio	0.56 mg/L
Calcio	12.22 mg/L
Magnesio	5.40 mg/L
Cloruros	4.09 mg/L
Sulfatos	15.50 mg/L
Boro	0.01 mg/L

Fuente: Análisis realizado en IBTEN, (2010).

En el cuadro 9, muestra el pH del agua de riego estando en los parámetros que requiere la frutilla, en cuanto a la conductividad eléctrica 0.106 mS/cm indica que está los rangos bajos, por lo cual el sustrato no está en riesgo de salinizarse por el agua, en cuanto a las relación de adsorción de sodio RAS 4.01 es considerado como agua baja en sodio (anexo18) y puede ser aplicada en todos los suelos y cultivos sin restricciones; en la cuanto a la presencia de cloruros en el agua, al respecto Verdier (1987), menciona que el cultivo de la fresa puede tolerar niveles de cloruro hasta 8 mg/L, en nuestro análisis

muestra que tiene 4.09 mg/L considerándose como categoría media. El potasio, está en los rangos deseables los mismo que el magnesio y el boro (Hirzel, 2009).

4.5 Necesidades de agua en el ciclo de la frutilla

Las necesidades hídricas del cultivo se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 10: Necesidad de agua según las fases fenológicas

FASE FENOLOGICA	DIAS	Kc	Tasa de riego tubo PVC	FRECUENCIA (DIAS)
Prendimiento	60	0.7	1000 ml	4
Desarrollo	45	0.75	1000 ml	4
Floración	30	0.8	1000 ml	4
Fructificación	90+	0.9 (prom 0.8)	1000 ml	4

Fuente: FAO (2005)

Badillo (2009), indica que en principio la fresa podría ser percibida como un cultivo de altos requerimientos hídricos, debido a la gran masa foliar y por la producción, que incluye meses de alta evapotranspiración. Pero en realidad se trata de un cultivo bastante eficiente en el consumo de agua.

La fresa necesita riegos muy repartidos a lo largo del cultivo, no siendo conveniente mantener fases de sequía entre riegos. En un año de producción, en suelos esponjosos, es necesario aplicar unos 35 litros por m² de agua repartidos en un centenar de riegos, lo que supone más o menos un riego cada dos días por cada metro cuadrado, dado con aguas de buena calidad, si no regar más abundantemente para que la escorrentía se lleve las sales (Badillo, 2009).

4.6 Variables fenológicas y agronómicas

Para la investigación se tomó variables cuantitativas de altura planta en sus cuatro fases fenológicas como son: prendimiento, desarrollo, floración y fructificación.

4.6.1 Altura planta

Los resultados del análisis de varianza no muestran significancia entre los bloques, pero muestra una alta significancia entre variedades en las cuatro fases fenológicas, en cuanto a los tratamientos, no mostraron valores de significancia en el aporte de nutrientes al cultivo en estudio, en cuanto a la interacción (variedades y dosis de fertirriego) presentan valores no significativos. A continuación se presenta el cuadro de análisis de varianza de las variables mencionadas en sus cuatro fases:

Cuadro 11: Análisis de varianza para altura de planta en las cuatro fases fenológicas con la aplicación de dosis de fertirrigación.

FUENTES		DOSIS BAJA	DOSIS MEDIA	DOSIS ALTA	
VARIACION	G.L.	PRENDIMIENTO	DESARROLLO	FLORACION	FRUCTIFICACION
BLOQUE	2	0,893 NS	0,403 NS	0,584 NS	0,528 NS
VARIEDAD	2	0,000**	0,000**	0,000 **	0,000 **
TRATAMIENTO	2	0,162 NS	0,461 NS	0,625 NS	0,691 NS
V * T	4	0,366 NS	0,464 NS	0,618 NS	0,760 NS
ERROR	16				
TOTAL	26				
COEFICIENTE DE VARIACION		C.V.= 10,65	C.V.= 11,71	C.V.= 13,46	C.V.= 15,5

NS = No significativo; * = Significativo; ** = Altamente significativo

El cuadro 11, indica que la altura de planta en las cuatro fases fenológicas en el caso de las variedades tuvo una diferencia altamente significativa, posiblemente este resultado puede deberse a la carga genética de la variedad Sweet Charlie, ya que esta variedad se comportó mejor durante las etapas fenológicas en la variable altura planta.

En cuanto a la interacción entre las variedades y el tratamiento no fueron significativos, lo que quiere decir que cada tratamiento tuvo su particularidad en la altura de planta.

El coeficiente de variación (C.V.) en las cuatro fases fenológicas de la frutilla con la aplicación de tratamientos de fertirriego, son de: 10.65, 11.71, 13.46, y 15.5, confiable para todos los datos recolectados.

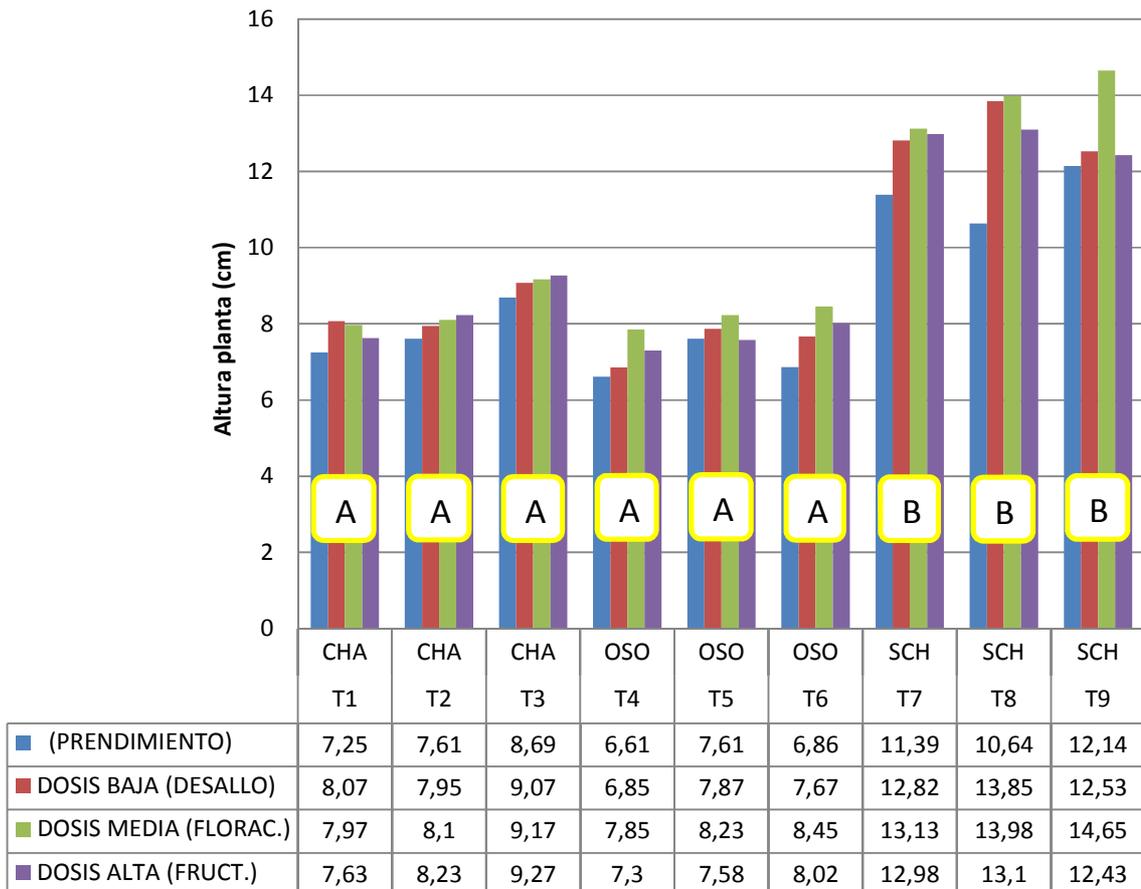


Figura 34. Efecto del fertirriego en la altura de planta en las cuatro fases fenológicas. Comparación de medias Duncan (5%)

En la figura 34, se observa que existen diferencias significativas en la altura planta en la variedad Sweet Charlie en todas las etapas fenológicas (prendimiento, desarrollo, floración y fructificación), con los tratamientos (nitrato de potasio, sulfato de potasio, al igual que el testigo) en comparación con las variedades Chandler y Oso Grande.

La variedad Sweet Charlie tiene mejor altura de planta en las cuatro fases fenológicas estudiadas, posiblemente debido a la carga genética y la respuesta fisiológica que posee esta variedad. Según Ticona (2001), la variedad Sweet Charlie tuvo un buen comportamiento en la fase de crecimiento, lo cual se observó en el invernadero.

La variedad Chandler la prueba de Duncan (5%) muestra tres grupos estadísticamente diferentes el tratamiento 1 (Nitrato de potasio) en sus fases fenológicas y sus dosis de aplicación (baja, media y alta) con promedios que no son significativamente altos, significa que los tratamientos y el testigo no tuvo gran influencia en la altura de planta pero se puede observar que matemáticamente son diferentes en el promedio de altura de planta.

En la variedad Oso Grande también se muestra tres grupos diferentes pero con la diferencia que esta variedad es tardía, y que en el desarrollo de la altura de planta mostraron esta característica.

En cuanto a los tratamientos con las dosis de aplicación (baja, media y alta) tuvo una pequeña diferencia en el tratamiento 6 que es el testigo, posiblemente debido a la variedad Oso Grande caracterizada por ser más vigorosa y se adapta en cualquier sustrato.

La diferencia entre los bloques que contienen las unidades muestrales en estudio tienen varianzas más específicas según a las replicas realizadas por cada unidad experimental las mismas que al no contar con un sistema de monitoreo de las condiciones ambientales preparadas para este estudio provocan variabilidad en la obtención de los datos finales.

Al respecto Verdier (1987), indica que la altura de la planta de la frutilla está influenciada por numerosas condiciones climáticas y del cultivo, la humedad la intensidad de la luz solar, la fertilización, el riego. Muchos de estos factores afectan en la etapa fenológica de la planta.

4.6.2 Número de hojas

El (cuadro 12), presenta el análisis de varianza de los resultados evaluados para el variable número de hojas en las cuatro fases fenológicas: prendimiento, desarrollo, floración y fructificación.

Cuadro 12: Análisis de varianza para número de hojas en las cuatro fases fenológicas con la aplicación de dosis de fertirrigación.

FUENTES		DOSIS BAJA		DOSIS MEDIA		DOSIS ALTA	
VARIACION	G.L.	PRENDIMIENTO	DESARROLLO	FLORACION	FRUCTIFICACION		
BLOQUE	2	0,186 NS	0,191 NS	0,680 NS	0,497 NS		
VARIEDAD	2	0,001 *	0,002 *	0,004 *	0,003 *		
TRATAMIENTO	2	0,574 NS	0,971 NS	0,635 NS	0,979 NS		
V * T	4	0,673 NS	0,691 NS	0,870 NS	0,763 NS		
ERROR	16						
TOTAL	26						
COEFICIENTE DE VARIACION		21	21,04	21,64	22,16		

NS = No significativo; * = Significativo; ** = Altamente significativo

Se observa que no existen diferencias significativas entre bloques en las cuatro fases fenológicas, pero sí entre variedades, posiblemente influenciado por el valor genético de la variedad Sweet Charlie ya que desarrolló mucho mejor en la altura de planta en todas las etapas fenológicas.

En cuanto a la variedad se observa que hubo diferencias significativas, por lo que se realizó una comparación de medias para la variable de estudio.

En cuanto a la interacción variedad por tratamiento no fue significativa, lo cual indica que cada factor tuvo un efecto independiente. Los coeficientes de variación (C.V.) son de 21, 21.04, 21.64, y 22.16 en las cuatro fases fenológicas.

Las variable número de hojas fueron menores a comparación de los sembradas en sistema clásico (camellones) resultados similares fueron señalados por Wright y Sandrang

(1993), quienes demostraron que las plantas cultivadas y altas densidades produjeron poca desarrollo en el proceso fenológico del cultivar.

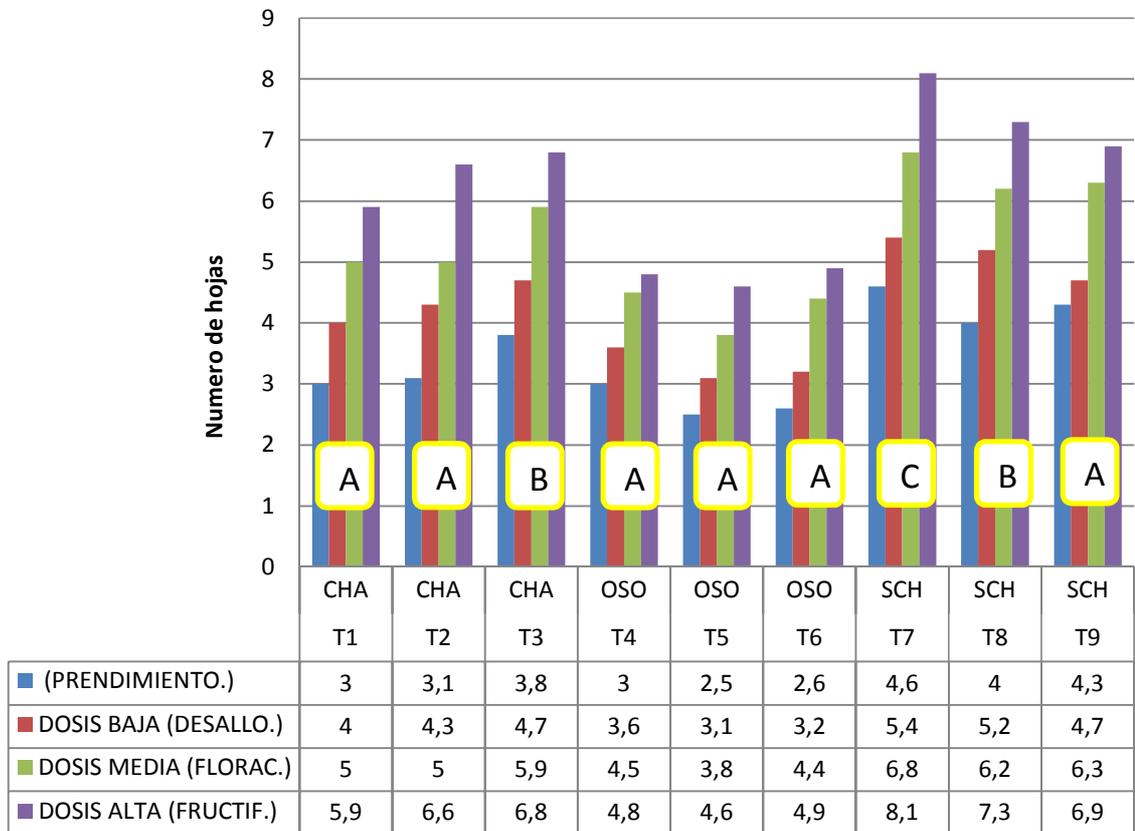


Figura 35. Efecto del fertirriego en el número hojas de planta en las cuatro fases fenológicas. Comparación de medias Duncan (5%)

En la figura 35, se observa que el número de hojas de la variedad Sweet Charlie fue mayor en el tratamiento 7 (nitrato de potasio) tratamiento 8 y tratamiento 9, lo cual se manifestó en la etapa de inicio de fructificación con promedios de 8.1, 7.3 y 6.9, esto posiblemente debido a la carga genética y la respuesta fisiológica que posee esta variedad.

Respecto a la variedad Chandler los mejores promedios fueron en la etapa fenológica de inicio de fructificación (dosis alta) con 5.9 T1, 6.6 T2 y 6.8 T3 hojas por planta, los cuales se puede dilucidar que esta variedad requiere los nutrientes en esta etapa.

En la variedad Oso Grande la respuesta fue casi tardía, tratamientos (4, 5 y 6) con un promedio de 4.8, 4.6 y 4.9 hojas por planta, pueden atribuirse a que las plántulas estaban

sometidas a diferentes condiciones de producción y diferentes condiciones de madurez fisiológica.

Al respecto Lazcano (1995), sostiene que el balance nutricional requerido durante la temporada de crecimiento del cultivo de la fresa, depende de su demanda de los diferentes periodos fenológicos y del potencial de rendimiento de ese cultivar en particular. La cantidad de nutrientes disponibles está determinada por el suministro de la fase mineral del suelo, materia orgánica y del fertilizante; además, las pérdidas por lixiviación, evaporación y la erosión tendrán influencia en el balance de nutrientes disponibles para las plantas.

4.6.3 Número de flores por planta

Los resultados del análisis de varianza no muestran la significancia entre bloques, pero en las variedades existe diferencias significativas, lo mismo que en los tratamientos, entre la interacción variedad por tratamiento los diferencias no son significativos. El coeficiente de variación es de 22,15%.

Cuadro 13: Análisis de varianza para número de flores en las tres variedades de frutilla con la aplicación de dosis de fertirrigación

FUENTE	S.C.	G.L.	C.M.	F.C.	SIGNIFICACIÓN
BLOQUE	1,396	2	0,698	1,097	0,358 NS
VARIEDAD	5,076	2	2,538	3,990	0,039 *
TRATAMIE	4,729	2	2,364	3,717	0,047 *
V * T	0,622	4	0,156	0,245	0,909 NS
ERROR	10,178	16	0,636		
TOTAL	22	26			
C.V.	22,15				

NS = No significativo; * = Significativo; ** = Altamente significativo

Las diferencias significativas en las variedades indican que las tres variedades (Chandler, Osos Grande y Sweet Charlie) con los tratamientos de fertirriego (Nitrato de Potasio, Sulfato de potasio y el testigo) tuvieron un efecto diferente en la formación del botón floral, también repercutió en la precocidad de la variedad Chandler y Sweet Charlie que florecieron antes que la variedad oso grande que es tardía. En lo que respecta a las

diferencias significativas en los tratamientos indican que tuvieron un efecto inmediato en el proceso de floración ya que se notaron en el trabajo de campo, especialmente en la variedad Chandler con la aplicación de la dosis media de Nitrato de potasio.

Al respecto, Follen (2001) menciona que la aplicación fertilizantes potásicos implica en general dosis pequeñas en cada una de los varios turnos de riego. Generalmente se utiliza una solución nitrógeno-potásica como fuente de K_2O . Resultando en mayores rendimientos en la formación de flores donde la concentración de potasio en la solución del suelo es baja, debido a bajos niveles de potasio intercambiable, a la mineralización del N, lixiviación o al mayor uso por las plantas. Por su parte, Molina (1993) menciona que la mineralización del N es la transformación microbiana de las formas orgánicas de N a NH_4^+ . De esta forma el N orgánico pasa a una forma inorgánica que puede ser absorbida por la planta o transformada a NO_3^- . La mineralización de N se incrementa con la temperatura y con humedad adecuada, pero no excesiva.

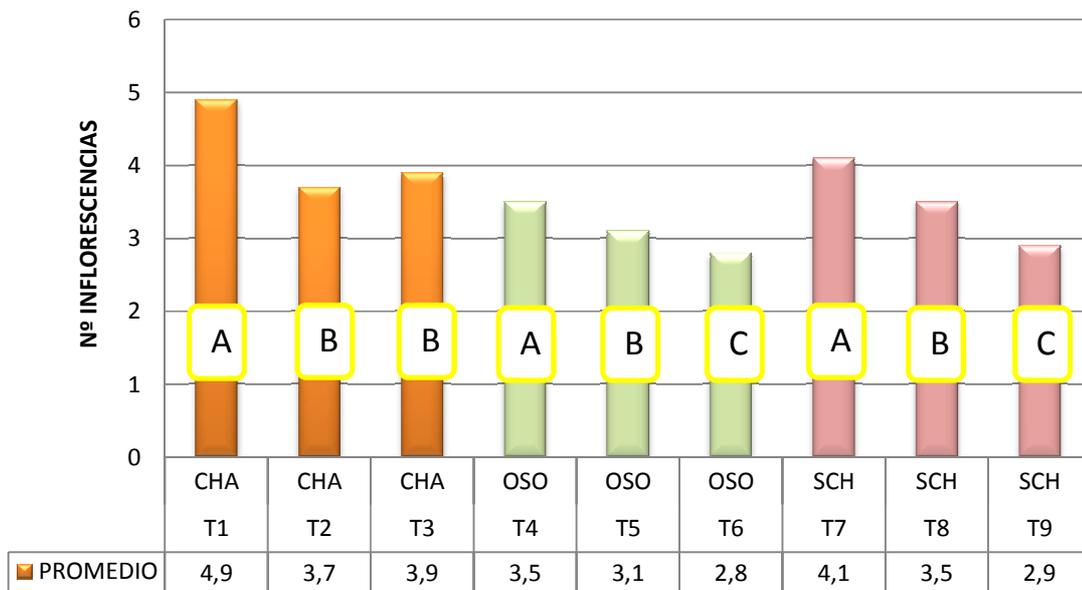


Figura 36. Efecto del fertirriego en el número flores por planta. Comparación de medias Duncan (5%)

En la figura 36, se observa la comparación de medias del número de flores por plantas, realizado con la Prueba de Duncan donde la mejor respuesta es obtenida por la dosis de fertirriego T1 (nitrato de potasio) dosis media (61.8 g) aplicados en 30 días con un promedio de 4.9 flores/ planta seguido por el tratamiento 3 (testigo) con una media de 3.9

flores/ planta y finalmente el tratamiento 2 (sulfato de potasio) dosis media (53.3.4 g) con un promedio de 3.7 flores por planta respectivamente.

La variedad Sweet Charlie tuvo el mejor promedio de 4.1 flores por planta en el tratamiento 7 (nitrato de potasio) dosis de fertirriego medio (61.8 g) seguido por el tratamiento 8 (Sulfato de potasio) dosis medio (53.3 g) con un promedio de 3.5 flores por planta y finalmente el tratamiento 9 (testigo) con un promedio de 2.9 flores por planta, esta variedad presenta floración temprana (PROPLANTAS 2008).

La variedad Oso grande el mejor tratamiento fue el 4 (Nitrato de potasio) con una dosis media de (61.8 g) promedio de flores de 3.5 por planta, seguido por el tratamiento 5 (sulfato de potasio) dosis medio (53.3 g) con un promedio de 3.1 flores por planta, y el tratamiento 6 (testigo) con promedios de 2.8 flores por planta, este comportamiento es típica de esta variedad sustentado por PROPLANTAS (2008) que menciona que la variedad es tardía en cuanto a la floración.

En síntesis la variedad Chandler floreció a los 62 días la cual manifiesta su precocidad, seguido por la variedad Sweet Charlie con días a la florescencia de 65 días y finalmente la variedad Osos grande que floreció a los 73 días significando que esta variedad es tardía.

4.6.4 Peso de frutos

En el (cuadro 14), se presenta el análisis de varianza para el variable peso de frutos muestreados al azar de todos los tratamientos.

Cuadro 14: Análisis de varianza para rendimiento de planta con la aplicación de dosis alta de fertirrigación.

FUENTE	S.C.	G.L.	C.M.	F.C.	SIGNIFICACIÓN
BLOQUE	465,816	2	232,91	1,4529	0,262 NS
VARIEDAD	1918,02	2	959,01	5,9824	0,000 **
TRATAMIE	28387,8	2	14194	88,542	0,011 *
V * T	695,428	4	173,86	1,0845	0,399 NS
ERROR	2564,9	16	160,31		
TOTAL	34031,964	26			
C.V.	16.15%				

NS = No significativo; * = Significativo; ** = Altamente significativo

Los resultados del análisis de varianza muestran diferencias altamente significativas entre variedades de frutilla, debido al efecto de los tratamientos incorporación de dosis alta de Nitrato de potasio, y sulfato de potasio, en cuanto a los tratamientos mostraron significancia en el aporte de nutrientes al cultivo en estudio, en cuanto a bloques y la interacción de (Variedad y tratamientos) no mostraron significancia.

El coeficiente de variación es de 16.15 % en el presente ensayo, indica que los datos fueron tomados adecuadamente.

Vidal (2008), indica que el proceso de mayor actividad en la translocación interna de nutrientes y azúcares y absorción externa de agua y nutrientes. En esta etapa se llega a la demanda máxima de nutrientes, tal como indica SOBIP (2008) que el potasio es particularmente importante durante la floración y en la etapa de desarrollo de la fruta.

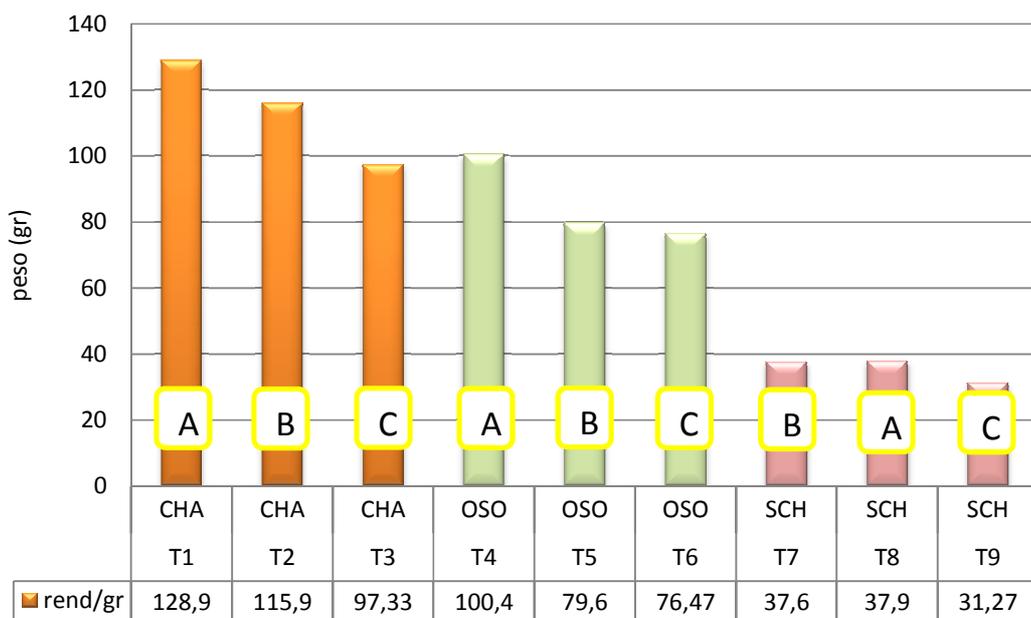


Figura 37. Efecto del fertirriego en el rendimiento por planta. Comparación de medias Duncan (5%)

En la figura 37, se observa la comparación de medias de rendimiento por planta, donde la mejor respuesta es obtenida por el tratamiento 1 (Nitrato de potasio) en la variedad Chandler con un promedio 128.9 g en el cultivo estudiado; seguido del tratamiento 2

(sulfato de potasio) con un promedio de 115.9 g en el cultivo, y el tratamiento 3 (testigo) con un promedio de 97.33 g en el cultivo.

En las dosis de aplicación en la variedad oso grande el mejor fue el tratamiento 4 (nitrato de potasio con un promedio de 100.4 g en el cultivo, seguido por el tratamiento 5 (sulfato de potasio) con un rendimiento promedio de 79.6 g por planta, y el tratamiento 6 (testigo) con un promedio de 76.47 g por planta.

En la variedad Sweet Charlie los rendimientos no fueron alentadores ya que el tratamiento 7 (Nitrato de potasio) tuvo un rendimiento promedio de 37.6 g por planta y el tratamiento 8 (sulfato de potasio) se comporto mucho mejor, y finalmente el tratamiento 9 (testigo) tuvo un rendimiento de 31.27 respectivamente.

Esta respuesta favorable en los variedades evaluadas pudo estar influenciado por el uso de las dosis de fertirriego de nitrato de potasio 103g/tubo, esta afirmación concuerda con lo propuesto por Kirschbaum (2003), quien afirmó que el Nitrato de potasio KNO_3 es un fertilizante con fuente de potasio afectando en los rendimientos de la frutilla, especialmente en las etapas más avanzadas del cultivo.

5.4.5 Rendimiento por planta

El rendimiento de la planta desde el transplante, hasta la cosecha transcurrió 135 días de su ciclo, y desde la primera cosecha hasta la última transcurrieron 60 días, la cosecha se llevo a cabo los días lunes miércoles y viernes de la semana. Con rendimientos por tratamiento como se observa en el (cuadro 15).

Cuadro 15: Rendimiento de fruto por planta (g) en dos meses de cosecha

Tratamiento	Peso de fruto/ planta (g)	Rendimiento estimado en un año g/planta
T1	128	576
T2	116	522
T3	94	423
T4	100	450
T5	80	360
T6	77	447
T7	38	171
T8	38	171
T9	31	140

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 15, observamos que el mejor tratamiento fue el de T1 (Nitrato de potasio) pues se cosecho 128 g de planta en promedio, realizando estimaciones en 9 meses de producción se llega a los 576 gramos en promedio; así sucesivamente los tratamientos bajan llegando en los últimos peldaños la variedad Sweet Charlie.

Realizando el respectivo análisis en el caso de la variedad Chandler (T1) se tendría hasta 270.000 plantas.ha⁻¹ Con un rendimiento de 155.520 kg.ha⁻¹ en cultivos verticales, sobrepasando las expectativas que se tiene.

Al respecto Verdier (1987), indica que el volumen de cosecha varía en función de la variedad, en zonas de producción tradicional puede considerarse un rendimiento

satisfactorio el de 500 g/planta con densidades de 80.000 - 90.000 plantas.ha⁻¹, rendimientos inferiores irán paulatinamente considerándose menos positivos hasta llegar a los 250 – 300 g/planta, limite probable de rentabilidad, y valores más altos irán multiplicando el beneficio, hasta llegar algo más de 60.000 kg.ha⁻¹ máximo alcanzado con este cultivo.

Por otra parte, Davis (2007), afirma que el rendimiento en los cultivos es un carácter continuo influenciado por factores edáficos y ambientales. De igual manera, está determinado por el genotipo, la ecología y el manejo agronómico de la plantación.

4.6.6 Clasificación del fruto

Branzanti (1989), clasifica la calidad del fruto de acuerdo al peso contabilizando en forma gradual y en cada cosecha los frutos de cada parcela separándose los comerciales y no comerciales bajo la siguiente tipificación:

- Primera calidad, fruto mayor a 20 g. de peso.
- Segunda calidad, fruto mediano de 12 - 20 g. de peso.
- Tercera calidad, fruto pequeño de 3 a 12 g. de peso.
- Extra mayor a 35 g.

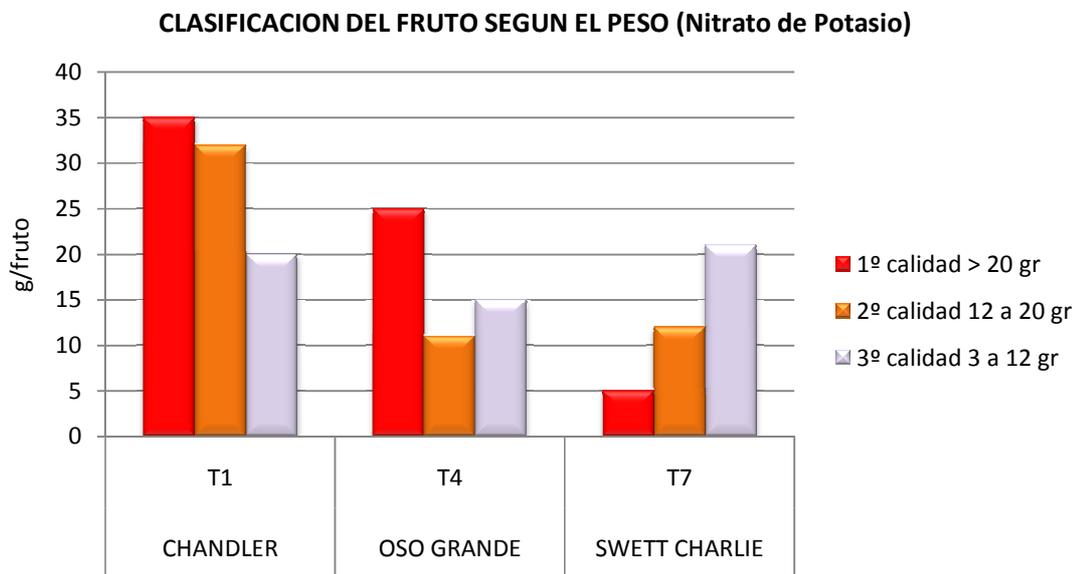


Figura 38: Calidad de fruto cosechado y clasificado según el peso

En la figura 38, los promedios según la clasificación a la calidad con la aplicación de la dosis de fertirriego con Nitrato de potasio en las tres variedades, donde la mejor respuesta es obtenida por el nivel T1 variedad Chandler, ya que el peso promedio fue de 25 g clasificado como primera de calidad, seguido por la segunda calidad que es de 12 a 20 g, terminando en la tercera calidad de 3 a 12 g; demostrando que la aplicación de fertirriego con el nitrato de potasio es determinante en peso del fruto y obtenido la calidad primera.



Figura 39: Clasificación de frutos cosechados



Figura 40: Calidad de los frutos

En el tratamiento 4 en la variedad oso grande sobresale los de la primera calidad seguida por la tercera calidad y como último la segunda calidad. Cabe indicar que esta variedad es aromática en comparación con las dos variedades.

La variedad Sweet Charlie se caracteriza mas por tener frutos pequeños tal como se verifico en la presente investigación y la figura demuestra tal afirmación con frutos que son de tercera calidad.

Al respecto, PROPLANTAS (2008) indica que la variedad Sweet Charlie es una planta de habito globoso achatado, densa, con color de limbo verde oscuro, con número de estolones medio a alto, con fruto de medio a grande, ligeramente más largo que ancho de color rojo, firmeza blanda, pulpa rojo anaranjado, presencia de cavidad interior grande. Presencia de floración muy temprana.

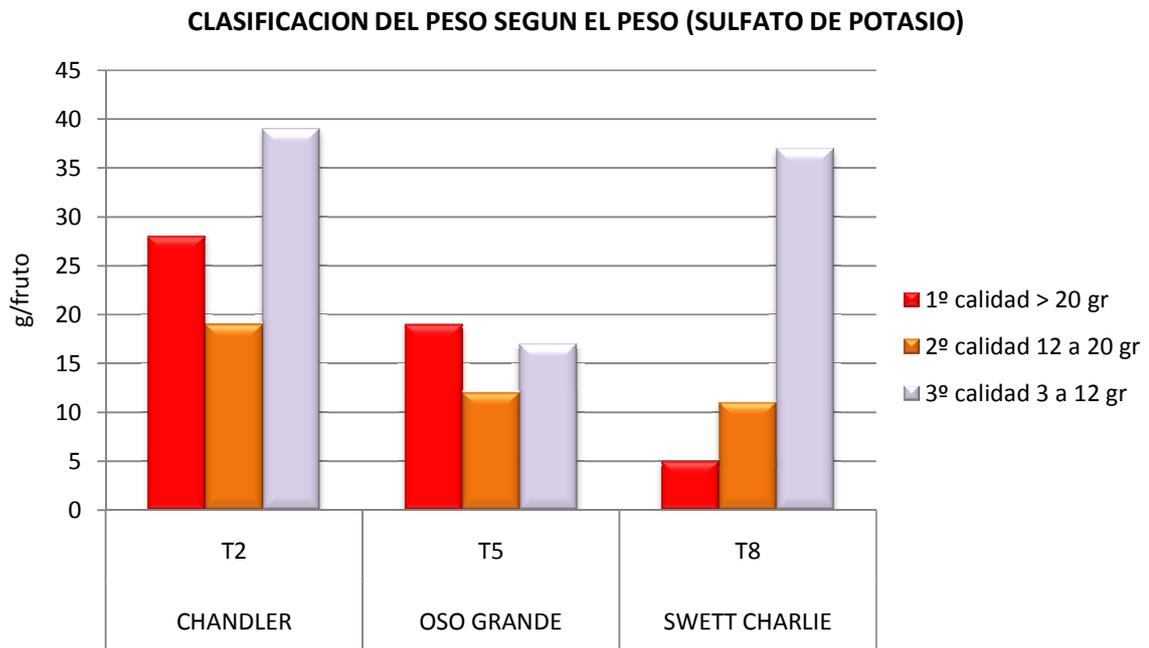


Figura 41: Calidad de fruto cosechado y clasificado según el peso

En la figura 41, se observa la comparación de medias según a la clasificación a la calidad con la aplicación de la dosis de fertirriego en los tratamientos con sulfato de potasio en las tres variedades de frutilla (Chandler, Osos Grande y Sweet Charlie).

En el tratamiento 2 aplicados con dosis alta de sulfato de potasio en la variedad Chandler se cosecho frutos de tercera calidad de 3 a 12 g, seguido por la primera calidad y finalmente la segunda calidad que viniera a ser frutos de 12 a 20 gramos.

El la variedad Oso Grande no tuvo gran significación la comparación de de medias pero en primer lugar se sitio frutos de primera calidad, seguido por la tercera calidad y finalmente frutos de segunda calidad.

Los frutos cosechados de la variedad Sweet Charlie fueron de tercera calidad entre 3 a 12 g, seguidos por la segunda calidad y se obtuvieron pocos frutos de primera calidad los cual indica que esta variedad no tuvo un buen desarrollo en las columnas verticales.

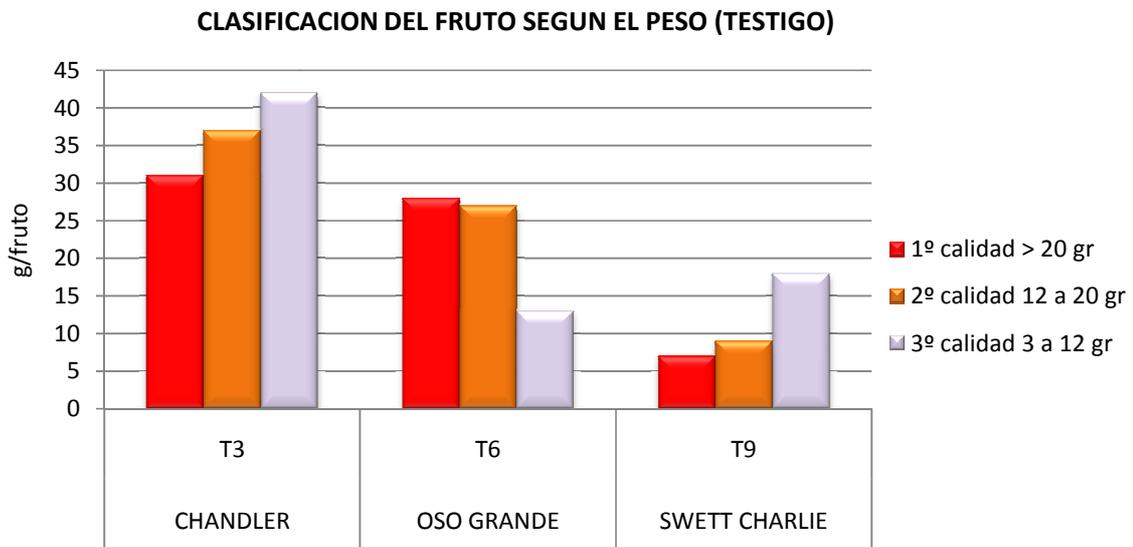


Figura 42: Calidad de fruto cosechado y clasificado según el peso

En la calidad de fruto según el peso se puede apreciar que en la variedad Chandler se obtuvieron frutos en su mayoría de tercera calidad con pesos de 3 a 12 gramos respectivamente, seguido por frutos de segunda calidad y finalmente los de la primera calidad.

En la variedad oso grande se cosecho frutos de primera calidad y muy de cerca estuvieron los de la segunda calidad terminando en frutos cosechados de tercera calidad.

En la variedad Sweet Charlie se obtuvieron frutos de tercera calidad, luego los de la segunda calidad y finalmente los de la primera calidad.

En este análisis cabe enfatizar que los tratamientos testigo (riego con agua) estuvieron por debajo de las expectativas.

4.6.7 Porcentaje de mortandad

El porcentaje de mortandad se determinó dividiendo las plántulas muertas con el total de las plantas de cada tratamiento (30 plantas) transplantadas después del periodo de adaptaciones expresadas en porcentaje.

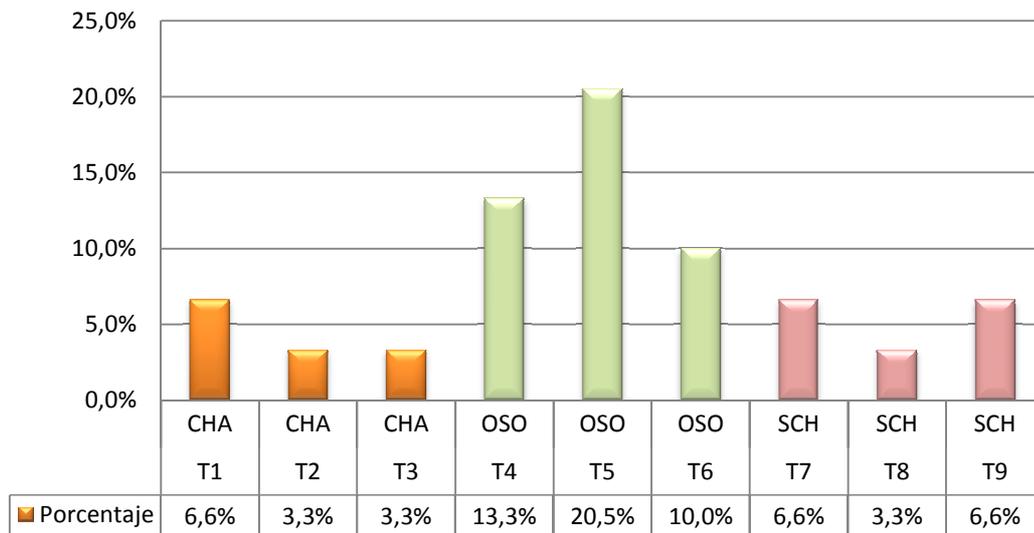


Figura 43: Porcentaje de mortandad de las variedades con tratamientos

En la figura 43, se observa que en todos los tratamientos se produjeron mortandad principalmente en la variedad Oso Grande (T4, T5, T6), probablemente a que esta variedad es muy sensible a las altas temperaturas al respecto (PROPLANTAS, 2008), menciona que esta variedad tolera temperaturas máximas a 35°C siendo uno de los factores que explica esta mortandad.

El la variedad Sweet Charle (T7, T8 y T9) sintieron también el rigor de las temperaturas elevadas, pero la mortandad no fue tan significativa en comparación con la variedad Osos Grande.

En la variedad Chandler (T1, T2 y T3) existió baja mortandad, esto debido a que esta variedad soporta temperaturas elevadas, tal como indica Bielinski (2007), que la Chandler soporta temperaturas extremas de hasta 45°C en Florida.

4.6.8 Grados brix

Los grados brix se determinó con el refractómetro que es un instrumento óptico preciso, y como su nombre lo indica, basa su funcionamiento en el estudio de la refracción de la luz. Este elemento es utilizado para la medición de grados brix; estos grados, por su exactitud, son la nueva medida utilizada en la elaboración para saber la cantidad de grados de azúcar que contiene la frutilla, a continuación se presenta los resultados obtenidos en esta variable:

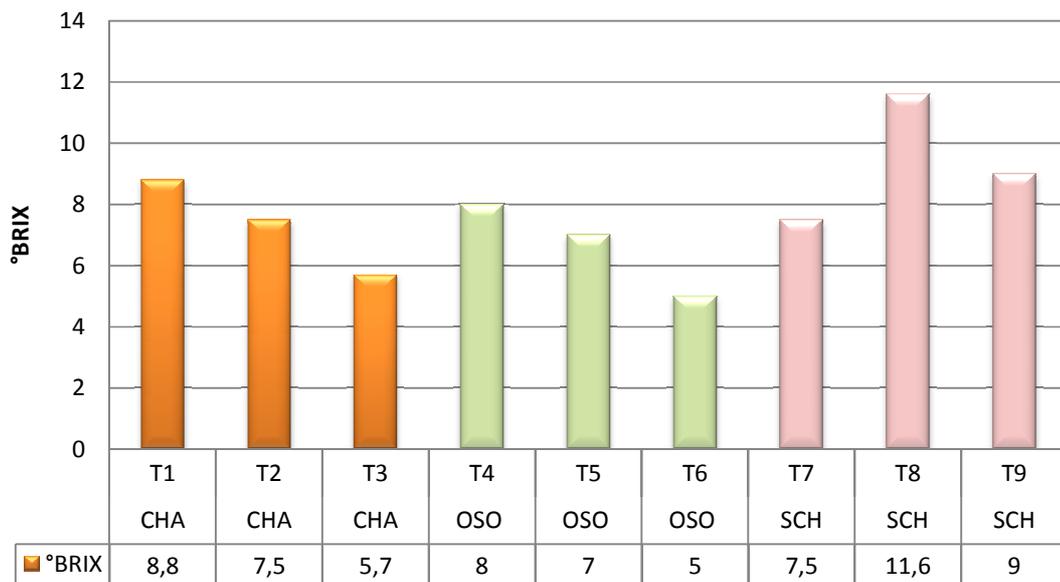


Figura 44: Grados brix de las variedades con los tratamientos

En la variable de grados brix según la comparación de medias presentó diferencias entre tratamientos y variedades; en la variedad Chandler los tratamientos (T1, T2, y T3) presentaron diferencias con promedios de 8.8, 7.5 y 5.7 presentando el T1 (Nitrato de potasio en dosis alta) como el mejor tratamiento en el caso del análisis de los grados brix. En el tratamiento T2 (Sulfato de Potasio) los resultados en la variedad no fueron alentadores ya que el promedio de los grados brix fueron de 7.5, y finalmente el tratamiento T3 (testigo) con un promedio de 5.7 respectivamente.

En la variedad Oso Grande los promedios fueron de: 8, 7 y 5 mostrando que el T4 (Nitrato de potasio) dosis alta fueron los que influyeron para estar en esos promedios; seguido por el T5 (Sulfato de Potasio) como el de mejor comportamiento, y por último el T6 testigo resultando con un valor de 5.

En el caso de la variedad Sweet Charlie los promedios alcanzaron a: 7.5, 11.6 y 9 manifestando que el T6 (Sulfato de potasio) dosis alta tuvo efectos en los grados brix de la variedad; seguido por el T9 (Testigo) y finalmente el T7 (nitrato de potasio)

Téllez y Salmerón (2007), alcanzaron promedios entre 8.3 y 9.93 para grados brix en comparación con otras variables evaluadas; en nuestro ensayo se obtuvieron valores más bajos, debido a las diferentes niveles de fertilización aplicada.

Fuentes, (1994) indica que el potasio, aunque no forma parte de los principios esenciales (glúcidos, lípidos y próticos) es absorbido por la planta en cantidades importantes. Junto con el calcio constituye la mayor parte de las materias minerales de los vegetales, por lo que las cenizas contienen una gran proporción de este elemento. Las plantas lo absorben bajo la forma de K^+ .

4.7 Porcentaje de humedad del sustrato

Existen muchos métodos para determinar la humedad del suelo, en nuestro caso, esta variable se determinó con el método gravimétrico, por que se tuvo todos los implementos necesarios en el trabajo de campo y no fue necesario llevar las muestras al laboratorio, el peso gravimétrico promedio de las unidades experimentales muestreadas de los boquetes de los tubos PVC en la (figura 45):

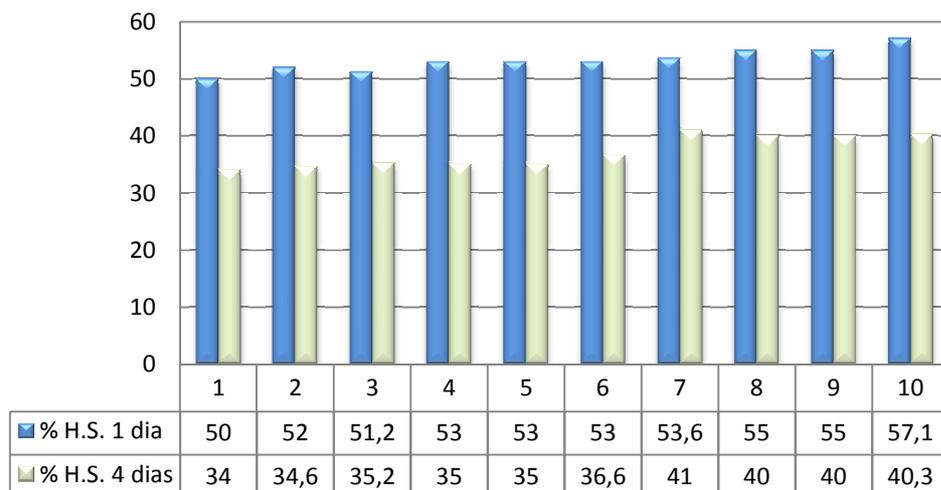


Figura 45: % de humedad del sustrato (boquetes de los tubos)

Se observa que en los tubos PVC, con sustratos existe una diferencia en cuanto a la humedad, pero de alguna manera se detuvo la caída acelerada que se tenía del caudal que se introdujo en los cultivos verticales, uno de los factores que influyó en estos resultados es la cañería con tres capas de arena introducida al centro del tubo PVC, ya que amortigua el caudal de fertirriego vertido.

Realizando las comparaciones del análisis gravimétrico del primer día y el cuarto se tiene una diferencia promedio de 17% de humedad de sustrato.

4.8 Características de la solución aplicada y drenada

Con la aplicación del fertirriego existió un incremento de la producción de las tres variedades, esto se debe a que fertilizantes potásicos aportaron nutrientes necesarios principalmente en la fructificación de la planta. Así mismo realizando el análisis del pH y la CE de la solución del lixiviado de los tubos PVC se observa que existe un incremento en los mismos (cuadro 16).

Cuadro 16: Solución aplicada y solución drenada de los tubos PVC

Solución aplicada			Solución drenada		
	Unid.	Resultado		Unid.	Resultado
Nitrato de potasio (KNO ₃)	pH	6.7	Nitrato de potasio (KNO ₃)	pH	7.24
	CE	0.149 mS/cm		CE	0.248 mS/cm
Sulfato de potasio (K ₂ SO ₄)	pH	7.2	Sulfato de potasio (K ₂ SO ₄)	pH	7.42
	CE	0.172 mS/cm		CE	0.210 mS/cm
Testigo (agua)	pH	6.5	Testigo (agua)	pH	7.75
	CE	0.106 mS/cm		CE	0.429 mS/cm

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 16, se muestra que en la solución drenada de los tubos aplicados con el fertirriego de nitrato de potasio hubo un leve incremento en el pH 7.24 con el valor inicial del agua de riego que es 6.55, lo mismo que la conductividad eléctrica CE con un valor de 0.248 mS/cm en comparación con el valor inicial del análisis del agua que era de 0.106 mS/cm.

Lo mismo ocurrió con la solución drenada del sulfato de potasio con un valor de 7.42 en pH y 0.210 mS/cm de CE existiendo un leve incremento y un peligro a la salinización, así mismo la solución drenada con el testigo (agua de grifo) tiene mayor incidencia a la salinización con valores de 7.78 pH y 0.429 mS/cm.

La tolerancia a la salinidad varía según las especies y existen tablas de referencia que definen la tolerancia de los diferentes cultivos a la salinidad (anexo 20), expresada como el total de sales solubles (CE). Cuando se usan aguas salinas para riego, se debe tomar en cuenta que los fertilizantes son también sales y por lo tanto contribuyen a la CE de la solución de riego (Verdier, 1987). Por otra parte, Oster (1995) menciona que el lavado de suelo es la clave para el uso exitoso del agua salobre, por lo que incide fuertemente en el rendimiento del cultivo. Mediante este procedimiento se pueden controlar todos los aspectos que determinan la acumulación de sales en el suelo (concentración, intercambio y disolución). La lixiviación o lavado de sales debe ser realizada en el momento en que la salinidad alcance niveles peligrosos para el cultivo.

Así mismo, indica que la fresa es sensible a las aguas con salinidad, por ello si el agua contiene muchas sales habrá que regar mas con el fin de que el agua sobrante arrastre la salinidad del terreno, en estas condiciones un cultivo con manguera exudante o gota a gota concentraría en exceso las sales alrededor de la planta. En cambio si las aguas son de buena calidad si es muy adecuado estos métodos de riego pues garantizan a las raíces una dosis constante de humedad. El cultivo se resiente, disminuyendo su rendimiento, con concentraciones de sales en el agua superiores a 0,8 mmhos/cm.

4.9 Análisis económico

Para realizar el análisis económico de costos que se presenta en el cuadro 13, se realizó un análisis de costos de producción de los materiales e insumos en el anexo 8

Cuadro 17: Beneficios netos, beneficios brutos y costos variables de los variables del estudio

Nº	DESCRIPCIÓN	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
		CHAN	CHAN	CHAN	OSO	OSO	OSO	S.CH	S.CH	S.CH
1	Rendto.gr/año*	155520	140940	114210	121500	97200	120690	46170	46170	37800
2	Rendto. Kg/27tubos**	155.52	140.94	114.21	121.5	97.2	120.69	46.17	46.17	37.8
3	Total costos variables (Bs.)	4,700.0	4,820.0	4,540.0	4,700.0	4,820.0	4,540.0	4,700.0	4,820.0	4,540.0
4	Total beneficios brutos (Bs.)	6,220.8	5,637.6	4,568.4	4,860.0	3,888.0	4,827.6	1,846.8	1,846.8	1,512.0
5	Total beneficios netos (Bs.)	1,520.8	817.6	28.4	160	-932	287.6	-2,853.2	-2,973.2	-3,028
6	Relación beneficio /costo	1.32	1.17	1	1	0.8	1.1	0.4	0.4	0.3

* Rendimiento estimado (gr) para 9 meses de producción con 270 planta en 27 tubos PVC

** Rendimiento estimado en Kg para 27 tubos PVC de cada tratamiento.

En el cuadro 12 se observa que para la producción de frutilla en los tratamientos T1, T4 y T5 (Nitrato de Potasio) estimando para 1 año de producción se invierte 4,700 Bs. en 27 tubos PVC y 240 plantas, para los tratamientos T2, T5, y T8 (Sulfato de Potasio) los gastos son de 4,820 Bs. en 27 tubos PVC y 240 plantas, y para los tratamientos testigo T3, T6 y T9 los gastos son de 4,540 Bs. respectivamente.

La diferencia entre los costo variables es mínima, los tratamientos en el que tiene una tendencia a mayor gastó son los T2, T5 y T8 (Sulfato de potasio) ya que este fertilizante es cara en comparación con el nitrato de potasio.

De la misma manera los beneficios brutos para la producción de frutilla en los tratamientos con Nitrato de potasio T1 (Chandler), T4 (Oso Grande), y T7 (Sweet Charlie) son de Bs. 6,220, Bs. 4,860 y Bs. 1,846.8, los tratamientos con sulfato de potasio T2, (Chandler), T5 (Oso Grande) y T8 (Sweet Charlie) son de Bs. 5,637, Bs. 3,888 y Bs. 1,846, y finalmente las tratamientos testigo T3, T6 y T9 (Chandler, Oso grande y Sweet Charlie) con beneficios brutos de Bs. 4,568, Bs. 4827 y Bs. 1,512. Esto se realizo tomando en cuenta el rendimiento de cada tratamiento y estimando en 9 meses de producción en 27 tubos PVC y 270 plantas.

En cuanto a los beneficios netos se obtuvo en los tratamientos con Nitrato de potasio T1 (Chandler), T4 (Oso Grande), y T7 (Sweet Charlie) Bs. 1,520.8, Bs. 160 y una pérdida de Bs 2,853.2, los tratamientos con sulfato de potasio T2, (Chandler), T5 (Oso Grande) y T8 (Sweet Charlie) son de Bs. 817.6, Bs. -932 resultando como perdida y Bs. -2,973.2 también resultando como perdida y por último los tratamientos testigo T3, T6 y T9 (Chandler, Oso grande y Sweet Charlie) con beneficios brutos de Bs. 28.4 , Bs. 287.6 y -3,028 también resultando como perdida.

Cabe indicar que las variedades con mayor pérdida son la Sweet Charlie por lo que se mencionó ampliamente en las variables de este estudio.

4.10 Análisis de correlación entre variables

Para explicar las variaciones de las variables de respuesta (consideradas como componentes de rendimiento) se realizó en siguiente análisis de correlación.

Cuadro 18: Matriz de correlaciones entre variables

	Nº de hojas	Altura planta	Nº flores	Rendto /planta	Peso fruto	% mortandad	Grados brix	% Humedad
Nº de hojas	1							
Altura planta	0,69**	1						
Nº flores	0,39*	0,04	1					
Rendto/planta	-0,24	-0,74**	0,41*	1				
Peso fruto	-0,41	0,66	0,63*	0,56**	1			
% mortandad	0,43	-0,55	0,85	0,41	0,62	1		
Grados brix	0,89	0,22	0,40	0,21	0,34	0,13	1	
% humedad	0,42*	0,64*	0,54*	0,53**	0,23*	0,41	0,29	1

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

En el cuadro 18, muestra las correlaciones entre variables, se puede deducir que existe correlación entre número de hojas y altura de planta, es decir, que a mayor altura de planta mayor número de hojas; entre número de flores y número de hojas existe una correlación ya que el número de hojas es directamente proporcional al número de flores.

Contrariamente con la variable rendimiento/planta que es inversamente proporcional ya que la altura de planta no influye en el rendimiento (-0.74**), pero la correlación es significativa entre rendimiento de planta y número de flores; en la variable peso de fruto con el rendimiento por planta existe una correlación significativa, por tanto significa que a mayor rendimiento de planta existirá mayor peso de fruto.

En la variable % de humedad del sustrato la correlación es significativa con el variable número de hojas, altura planta número de flores, rendimiento por planta y peso de fruto. Esto se explica debido a que mientras el sustrato tiene buena humedad existirá mayor desarrollo en la frutilla.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos propuestos y resultados obtenidos se llegaron a las siguientes conclusiones:

- El tratamiento que tuvo mejor respuesta en cuanto al comportamiento agronómico respecto a la fructificación fue el nitrato de potasio en la variedad Chandler, (T1) pese que al inicio mostró poco desarrollo en las etapas fenológicas número de hojas y altura planta.
- En el aspecto fenológico la variedad Sweet Charlie tuvo el mejor desarrollo en las etapas fenológicas de altura planta, número de hojas y días a la inflorescencia, en los tratamientos (Nitrato de potasio, Sulfato de potasio y el testigo) mostrando poca diferencia en los tratamientos.
- En el aspecto del porcentaje de mortandad, la variedad Oso Grande tuvo alta mortalidad en las primeras etapas fenológicas, realizándose el refallo en ellas.
- En la variable de rendimiento las tres variedades mostraron diferencias, ya que la variedad Chandler tuvo mejor respuesta a los tratamientos, seguido por la variedad osos grande, la variedad Sweet Charlie presento frutos de tercera calidad, en su mayoría deformes.
- En cuanto al efecto de las dosis de fertirriego con nitrato de potasio, la variedad que tuvo mejor respuesta fue la Chandler tuvo los mejores resultados respecto a la variable agronómicas de número de frutos, mayor rendimiento y de primera calidad en su gran mayoría. Seguido por la variedad Oso Grande con frutos de primera calidad y finalmente Sweet Charlie con bajo rendimiento.
- Los tratamientos testigo en las tres variedades no mostraron diferencias significativas en el rendimiento, pese al que en la variedad Sweet Charlie presentó un desarrollo exuberante en las primeras etapas fenológicas.

- En lo que concierne a la calidad del fruto, se obtuvo muy buenos resultados en las variedades Chandler de 20 a 35 gramos, y extras de 46 gramos, seguido por la variedad Oso Grande de 15 a 25 gramos y con extras de 42 gramos y finalmente la variedad Sweet Charlie con frutos de tercera calidad.
- El crecimiento frondoso de la masa foliar (altura de planta y número de hojas), no influyó en la producción del cultivo, ya que se tuvieron fructificaciones de primera calidad con pocas hojas y altura planta, un caso particular fue el de la variedad Sweet Charlie.
- En cuanto a los grados brix, se comprobó que la variedad Sweet Charlie fue la que mejor promedios ostenta T8 con 11.6°, seguido por el T1 variedad Chandler con 8.8° y T4 variedad Oso Grande con 8°.
- Se demostró de que los cultivos verticales PVC son efectivos en la producción de frutilla, ya que se logra el ahorro de espacio en la carpa solar, teniendo siempre el cuidado de introducir el sustrato ideal ya que el mismo no mostró compactación teniendo cuidado en la aplicación del fertilizante soluble, y la frecuencia de riego.
- Respecto a los costos de producción y el análisis económico de Beneficio Costo, la variedad Chandler obtuvo 1.32 de benéfico promedio estimando la producción de 9 meses con el tratamiento de Nitrato de potasio siendo más rentable que los otros tratamientos debido a su adaptación, menos mortandad, mayor rendimiento en cultivos verticales PVC.

6. RECOMENDACIONES

Con las conclusiones obtenidas se llegan a las siguientes recomendaciones:

- Para la producción de frutilla se puede utilizar la variedad Chandler debido a que presenta poca mortandad, resistencia a los cambios bruscos de temperatura y por su mayor rendimiento, la única desventaja es que los frutos son ácidos a comparación de otras variedades.
- El fertilizante nitrato de potasio es aplicativo en las etapas fenológicas de la planta, se recomienda su uso, siempre y cuando no exceda las dosis, verificando los requerimientos del cultivo.
- Para la producción de frutilla en carpas solares en cultivos verticales PVC es necesario tener un sustrato poroso y de buena retención de humedad, porque en el presente trabajo se estableció que la compactación en el sustrato fue mínima, problema característico de los cultivos verticales llamados “mangas”.
- Se recomienda realizar el análisis químico de las aguas de drenaje de los tubos PVC una vez realizado el fertirriego para su posterior reutilización en platabandas u otros cultivos.
- Se recomienda hacer la desinfección de las plántulas que se utilizarán en el transplante, para no tener presentes plagas y enfermedades durante las etapas de producción; y mantener ventilado la carpa solar durante el día ya que por ella ingresan los insectos polinizadores, de lo contrario se obtendrán frutos mal formados por la mala polinización.
- El uso de cultivos verticales PVC es una buena alternativa en agricultura urbana y periurbana para la producción de frutilla, porque se ahorra espacio y permite una producción simultánea por unidad de superficie. Se recomienda buscar otras materiales de bajo coste que reemplacen a los tubos.

- Se recomienda realizar el análisis del suelo y agua de riego para efectuar un programa de fertirrigación en cualquier cultivo ya que sin estos datos sería imposible efectuar este trabajo.
- El uso de agua en los cultivos verticales es mínimo en comparación con cultivos tradicionales en platabandas “riego por goteo”.
- Se recomienda realizar investigaciones con el fertirriego automatizado en los cultivos verticales.

7. BIBLIOGRAFIA

- ALVARADO.** H. Q. 2001. Manual del cultivo de fresa (*Fragaria* spp.) In Centro de Recursos Las Sabanas. p. 10-13
- ABAD.** J. 2005. Manejo de Sustratos para la Producción de plantas Ornamentales en Maceta. Evaluando las Propiedades Físicas de Sustratos. Department of Horticultural Sciences Texas A&M University. 25 - 26p
- BRANZANTI.** E.C.1989. La Fresa. Ediciones Mundo-Prensa Madrid. España. 15: 269 - 377 p.
- BIELINSKI.** M. 2007. Prácticas Culturales para la Producción Comercial de Fresas en Florida. Mejoramiento de Fresa en Florida. Universidad de Florida EE.UU. 65 p.
- BOLETÍN ECONÓMICO.** 2003. Algunas ventajas y desventajas. Producción de fresas. Boletín Económico de Información Comercial Española, nº 2761. Huelva, marzo. ISSN: 0214-8307.
- CEDEFOA.** 1989. Centro de Desarrollo y Fomento a la Auto-ayuda. Caracterización y partes de la Carpa Solar. La Paz – Bolivia, 5 p.
- CALZADA.** J. 1982. Métodos Estadísticos para la Investigación Científica. Lima - Perú: 3ra. Edición. 546 p.
- CADAHIA.** C. 1998. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 475 p.
- CHIRINOS,** H. 2005. Fertilización de Fresa (*Fragaria ananassa*), revista científica. 1 p.
- DAVIS.** CH. 2007. Fertilización orgánica sobre tres genotipos de fresa (*Fragaria* spp.) en Las Sabanas. La Calera, Año 7, N°. 8, Mayo 2007. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 54-58 p.
- DOMÍNGUEZ.** A. 1993. Fertirrigación. Ediciones Mundi-prensa. Barcelona. 217 p.

- DOORENBOS.** 1977. Las necesidades de agua de los cultivos, FAO Estudios Riego y Drenaje, 24, Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia.
- ESPINOZA.** A. 1984. Determinación de los estados fenológicos para los arbustos frutales. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 99 p.
- ESTRADA.** G. 1997. Características y preparación de fertilizantes líquidos para fertirrigación .En: Fertirrigación. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá. Colombia. 256p.
- ESTRADA.** J.J. 2010. Ambientes atemperados para la Agricultura Urbana y Periurbana FAO, La Paz – Bolivia.
- FORNEY.** C.F., Breen, P.J., 1985. Growth of strawberry fruit and sugar uptake of fruit Discs at different inflorescence positions. Sci. Hort. 27, 55-62 p.
- FUENTES.** J. 1994. "El suelo y los Fertilizantes" Ediciones Mundi-Prensa, Tercera edición, Madrid España. 327 p.
- FAO.** 2005, abonos orgánicos accesibles en agricultura urbana. Manual de organoponia.
- FERREYRA.** R. 1996. Programas de fertirrigación para hortalizas y plantas ornamentales. En: Chahín, M.G. (Ed.) Flores para la Araucanía. INIA-C.R.I. Carillanca, Serie Carillanca N°50, 162-168 p.
- FOLQUER.** F. 1986. La fresa o Frutilla. Buenos Aires – Argentina. Primera Edición. 12-35 p.
- GAMBARDELLA.** Z. 1996. Evaluación de cuatro variedades de frutilla (Fragaria x ananassa Duch.) en plantación de verano en la comuna de San. Pedro. Santiago de Chile.
- GIL-ALBERT,** F. 1996. Tratado de arboricultura frutal. I. Aspectos de la morfología y fisiología del árbol frutal. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 103 p.

- HIRZEL.** J. 2009. Nudo Tecnológico de Riego en el Secano Región de O'higgins. Fase II
Capítulo 4. Principios básicos de Fertirrigación INIA. Quilamayu – Chile. 92, 95 98 p.
- HULME.** H. 1971. La bioquímica de las frutas y sus productos, vol II, académico
Press, Nueva York 32 p.
- KIRSCHBAUM.** D. 2003. Fertilizantes potásicos, Tucumán, Argentina. 5 p.
- INTA.** 2008. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Equipo del Proyecto
Fertilizar INTA Pergamino, Buenos Aires – Argentina, 14 p.
- INIA.** 2009. Instituto De Investigaciones Agropecuarias. Normas para la Producción
Integrada de Frutilla. Litueche – Chile. 58 p.
- LAVÍN.** A. 2002. La frutilla nativa y su cultivo. Centro experimental Cauqueneses. INIA
Raihuen. Chile 17 p.
- LAZCANO.** I. 1995. El Potasio y el Concepto de La Fertilización Balanceada. Conferencia
regional para México y el Caribe de la Asociación Internacional de la Industria de los
Fertilizantes. 4 p.
- MARTÍNEZ.** L. 1994. Manual de Fertirrigación Departamento de Recursos Naturales
Impresión: CROMO Graf Ltda. Instituto de investigaciones agropecuarias. La
Serena, Chile, 59- 61 p.
- MANNING.** K. 1993. Frutos de baya. En: Bioquímica de la maduración del fruto. Editado
por Seymour, GB, Taylor, JE, y Tucker, GA, Chapman and Hall, 347-377 p.
- MOORE.** J.N. 1970. Comparación de los factores que influyen en la fruta
tamaño de frutos grandes y de frutos pequeños clones de fresa. J. Am. Soc. Hort.
Ciencia. 95, 827-831 p.
- MAKINEN.** K. 1980. Un estudio cuantitativo de manitol, sorbitol, xilitol y xilosa en fresas
silvestres y frutos comerciales. J. Food Sci.. 45, 367-371 p.

- MITCHELL. C.** 1996. Manejo de las fresas para el mercado fresco. Oakland, CA: Univ. California Agr. Nat. Recursos, Publ especiales. 2442, 14 p.
- MEDEL Y ORUETA.** 1986. Estados fenológicos y adaptabilidad climática de las especies frutales arbóreas en el sur de Chile. *Agro Sur (Chile)* 14(2): 89-94.
- MOLINA. E., R. Salas, y A. Castro.** 1993. Curvas de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler) en Alajuela. *Agronomía Costarricense*
- OLÍAS. J.M.** 1998. Pos cosecha de la fresa de Huelva. Principios básicos y tecnología. Instituto de la Grasa. CSIC. Sevilla – España 56p.
- OSTER. J.** 1995. “Curso: Riego con aguas salinas”, INIA, Centro regional Intihuasi, La Serena, Chile. Pág
- PROEXANT.** 2004. Manual de la frutilla. En: www.proexant.org.ec/ManualFrutilla.html
228 Quito – Ecuador.
- PROPLANTAS,** 2008. Características De Las Variedades De Fresa, Santiago sde chile
13 – 17 p.
- PERKINS-VEAZIE, P. Huber, D.J.,** 1987. Crecimiento y maduración de los frutos de fresa en condiciones de campo. *Proceedings de Florida State Horticultural Society.* 100, 253-256 p.
- SANTOS. M.** 2008. Estudio de la fresa en el Perú y el Mundo, Dirección general de información agraria, Lima, Perú, p.10-12.
- SÁNCHEZ. V.** 2000. FERTIRRIGACION. Principios, Factores, Aplicaciones Seminario de Fertirrigación: Apukai-Comex Perú.
- SOBIP.** 2006. Sulphate of Potash Information Boart El Sulfato de Potasio en la Produccion de Frutillas/Fresas y Bayas, 4 p.

- TANTANI.** V. 1996. Estudio de factibilidad Bioeconomica del cultivo de frutilla (*Fragaria virginiana*) en la localidad de Patacamaya. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz- Bolivia. 53 – 55 p.
- TÉLLEZ.** F. y L. Salmerón. 2007. Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre tres variedades de fresa (*Fragaria* ssp.) En Las Sabanas, Madríz. Tesis de Ing. Agr., Universidad Nacional Agraria (UNA) Managua, Nicaragua, 23 p.
- TORRES.** M. 2009. Ciclo del potasio en agroecosistemas y reacción de los fertilizantes potásicos en el suelo, Buenos Aires-Argentina.
- TICONA.** V. 2001. Comportamiento de tres variedades de frutilla (*Fragaria* sp.) en diferentes métodos de cobertura aplicados al suelo bajo carpa solar. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía UMSA; La Paz-Bolivia. 45 p
- VIDAL.** I. 2008. Manual de Fertirriego En Berries Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción – Chile pp 46- 52.
- VILLAGRÁN.** V. 2005. Como cultivar frutillas, Manual Agrícola Llahuen Santiago de Chile, 8 – 10 p.
- VALDÉS.** M. 1996. Fertirrigación, un complemento necesario del riego tecnificado. En: Revista Frontera Agrícola. 4 (enero-julio): 13 -14 p.
- VERDIER.** M. 1987. Cultivo del Fresón en Climas Templados Ed. AGRARIOS S.A. Madrid – España. Segunda Edición, 338 p.
- VICENTE.** A. 2004. “Efecto de tratamientos térmicos de alta temperatura sobre calidad y fisiología postcosecha de frutillas (*Fragaria x ananassa* Duch.)”. Trabajo de tesis doctoral. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina. 31 p.
- WOODWARD.** 1972. Los cambios físicos y químicos en el desarrollo de frutos de fresa. Diario de la Ciencia de la Alimentación y la Agricultura 23: 465-473 p.

ANEXOS.

Anexo 1.

Pasos para la cosecha

Paso 1



Paso 2



Paso 3



Paso 4



Paso 1. Cosechar frutos que tengan las tres cuartas partes de color rojo.

Paso 2. Con mucho cuidado ubicar el pedúnculo para el arrancado

Paso 3. Arrancar con la uña a un centímetro del fruto

Paso 4. Realizar el pesado y clasificar el fruto según su calidad

Anexo 2.

Plan de fertirriego para la frutilla

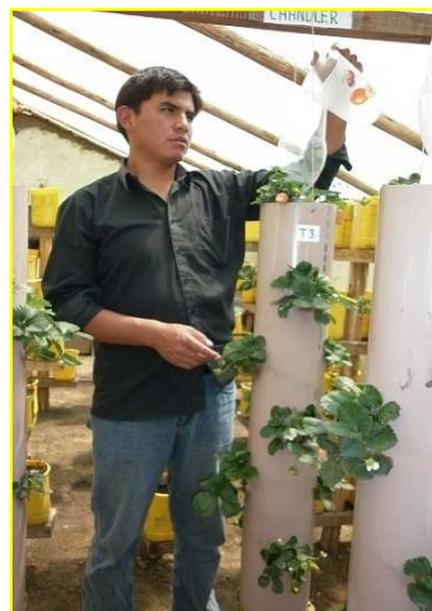
FASES FENOLOGICAS	DIAS	Meses	PRODUCTO	DOSIS BAJA 20%	DOSIS MEDIA 30%	DOSIS ALTA 50%
PRENDIMIENTO	60	Dic.- ene	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Urea 2g/L	Urea 2g/L	Urea 2g/L
DESARROLLO	45	Feb.- mar	K N O_3 g-tubo	42.1		
			$\text{K}_2 \text{SO}_4$ g-tubo	35.6		
FLORACION	30	Marzo	K N O_3 g-tubo		61.8	
			$\text{K}_2 \text{SO}_4$ g-tubo		53.34	
FRUCTIFICACION	90+	Abril +	K N O_3 g-tubo			103
			$\text{K}_2 \text{SO}_4$ g-tubo			89

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Fertirriego en los tubos PVC



Anexo 4. Forma de aplicación



ANEXO 5. Problemas existentes en los cultivos verticales



Mala distribución de riego

Mayor mortalidad de frutillas

Alta compactación en la parte baja

ANEXO 6. Posibles soluciones



Riego uniforme

Baja mortalidad

Mayor rendimiento de fruto

Menor compactación

ANEXO 7.

**COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA FRUTILLA EN
CULTIVO VERTICAL PVC EN 10 M², 27 TUBOS EN 1 AÑO DE PRODUCCIÓN EN Bs.**

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO/Unit. Bs.	COSTO/Tot. Bs
1.- MATERIALES				
Tubos PVC 6" x 6m	5	pieza	200	1000,00
Cañería PVC 1"	5	pieza	32	160,00
Turba	108	Kg	1	108,00
Alambre galvanizado	1	Rollo	16	16,00
Termómetro	1	pieza	90	90,00
Higrómetro	1	pieza	150	150,00
Envases de plástico	500	Pieza	0.20	100,00
Semi total Bs.				1,624.00
2.- PREPARACION DEL TUBO PVC				
Corte de tubo PVC de 1m	1/2	Jornal	50	50,00
Apertura y dobléz de boquete	2	Jornal	100	200,00
Corte y agujereado de cañería	1	Jornal	100	100,00
3.- PREPARACIÓN DEL SUSTRATO				
Cernido del suelo agrícola	1/2	Jornal	50	50,00
Solarización de la turba	1/2	Jornal	50	50,00
Preparación. Sustrato 50, 40, 10	1/2	Jornal	50	50,00
Vertido del sustrato a los tubos PVC	1/2	Jornal	50	50,00
Colgado de los tubos con sustrato	1	Jornal	100	100,00
4.-TRANSPLANTE				
Plantación a mano	1 1/2	Jornal	150	150,00
5.- PLANTAS				
Plántula frutilla	324	Plántula	2	648,00
6.-FERTILIZACION				
Nitrato de potasio	4	kg	40	160,00
Sulfato de potasio	4	Kg	70	280,00
Turba	108	kg	1	108,00
7.-TRAT. FITOSANITARIOS				
Infusión de plantas aromáticas	3	Jornal	20	60,00
8.-RIEGO				
Riego localizado Mano de obra estimada en total aplicación del fertirriego en los 9 meses				500,00
9.-RECOLECCION				
Cosecha de frutos <ul style="list-style-type: none"> 9 meses de producción constante y 3 meses de latencia que no se tomo en cuenta en el presente análisis (periodo de dormancia) en carpas solares Recolección y selección de fruto al momento de la cosecha 	Sep Oct Nov Dic Ene Feb Mar			

Mano de obra estimada en total de recolección de fruto	<i>Abr</i>			600.00
	<i>May</i>			
10.- EMPAQUE				
Empaque de fruto en envases desechables de 250gr, mano de obra estimada en total de empaque de fruto				200.00
TOTAL				3,356.00

ANEXO 8

Resumen de costos de producción

Costo de producción testigo	4,540.00
Total costo de producción con nitrato de potasio	4,700.00
Total costo de producción con sulfato de potasio	4,820.00

ANEXO 9.

Principales productores mundiales de fresa en el año 2005

PAÍS	PRODUCCIÓN (t)
Estados Unidos	974.500
España	308.000
Federación de Rusia	217.000
Japón	200.000
República de Corea	200.000
Polonia	180.000
Turquía	160.000
Italia	154.495
México	150.261
Alemania	131.915
Marruecos	106.100
Egipto	100.000
Francia	51.900
Reino Unido	48.000
Bélgica	42.000

Fuente: FAO 2006

ANEXO 10.

Variedad Chandler de mejor rendimiento



ANEXO 11.

Buena coloración variedad Chandler



ANEXO 12.

Periodos de cosecha de frutilla en ambiente atemperado (carpa solar)

Año 1		Año 2									
Nov.	Dic.	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
											
											

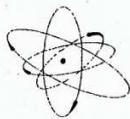
Fuente: Elaboración propia

El periodo de cosecha de la frutilla en ambientes atemperados no es durante los 12 meses del año, ya que en los meses de mayor intensidad lumínica (fotoperiodo) las cosechas son mucho mejores pero a partir de los meses de invierno se tiene escasa producción con frutos deformes y pequeños, Sin embargo, cabe indicar que seis meses Nov. Dic. Ene, Feb. Mar, Abr. en que la cosecha se realizo día por medio con buenos frutos, buenos rendimiento por planta, en el mes de Mayo empieza a bajar la producción, en los meses de Junio. Julio y agosto (periodo de latencia) la producción es baja debido a muchos factores entre ellos podemos citar: días cortos, cambios bruscos de temperatura, mala polinización, las planta reducen su tamaño, etc.

ANEXO 13.

Periodo de buena cosecha





IBTEN

MINISTERIO DE EDUCACION

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANALISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : **JOSÉ LUIS ESCOBAR ALARO**
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ, Provincia MURILLO.*

N° SOLICITUD: 220 / 2010
FECHA DE RECEPCION : 22 / noviembre/ 2010
FECHA DE ENTREGA : 8 / diciembre/ 2010

PROYECTO AUP - LA PAZ

N° Factura : 4043 - 10

N° Lab.	CODIGO	ARENA %	ARCILLA %	LIMO %	TEXTURA	CLASE	GRAVA %	CARBO NATOS LIBRES	pH en agua 1:5	pH en KOI 1N 1:5	C.E. ds/m 1:5	CATIONES DE CAMBIO (meq / 100 gr suelo)					Materia orgánica %	Nitrogeno total %	Fósforo Asimil. ppm
												Al + H	Ca	Mg	Na	K			
902 /2010	Muestra de suelo	63	16	21	FA	0,8	P	4,54	4,55	0,735	16,70	4,52	0,86	22,78	23,53	96,81	20,56	0,85	18,66

OBSERVACIONES,-

** Cationes de Cambio extraídos con acetato de amonio 1N.
C.E. Conductividad eléctrica en deciSiemens por metro.
C.I.C. Capacidad de intercambio Catiónico.
T.B.I. Total de Bases de Intercambio.

CARBONATOS LIBRES

A Ausente
P Presente
PP Presente en gran cantidad

CLASE TEXTURAL

F: Franco
L: Limoso
A: Arenoso

Y : Arcilloso
YA : Arcilloso Arenoso
FYA : Franco Arcilloso Arenoso

FA : Franco Arenoso YL : Arcilloso Limoso
AF : Arenoso Franco FYL : Franco Arcilloso Limoso
FY : Franco Arcilloso FL : Franco Limoso



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA

IBTEN - INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
Casilla 4821, Telf.-2800095 CIN-Viacha, E-mail: ibten@entelnet.bo
Tel.: 2433481 - 2430309 - 2433877 - 2128383 Fax: (0591-2) 2433063 - La Paz - Bolivia

ANEXO 15.



INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANALISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGUAS

INTERESADO : MARIO PAZ TARQUI C.
PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ, Provincia MURILLO,
LA PAZ

NUMERO DE SOLICITUD : 227B / 2010
FECHA DE RECEPCION : 26 / novbre. / 2010
FECHA DE ENTREGA : 10 / dicbre. / 2010

PROYECTO AUP - LA PAZ

Nº Factura : 4066 - 10

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE AGUA

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
917-01 /2010	pH	6,55	-	Potenciometría
917-02 /2010	Conductividad eléctrica	0,106	mS/cm	Potenciometría
917-03 /2010	Sodio	15,50	mg / L	Flamometría
917-04 /2010	Potasio	0,56	mg / L	Flamometría
917-05 /2010	Calcio	12,22	mg / L	Absorción atómica
917-06 /2010	Magnesio	5,40	mg / L	Absorción atómica
917-07 /2010	Cloruros	4,09	mg / L	Método argentométrico
917-08 /2010	Carbonatos	0,00	mg / L	Volumetría
917-09 /2010	Bicarbonatos	91,53	mg / L	Volumetría
917-10 /2010	Sulfatos	15,50	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible
917-11 /2010	Sólidos Suspendidos	4,50	mg / L	Gravimétrico
917-12 /2010	Sólidos Totales	89,49	mg / L	Gravimétrico
917-13 /2010	Sólidos Disueltos	84,99	mg / L	Gravimétrico
917-14 /2010	Boro	0,01	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible

76%
> 69% dosis

OBSERVACIONES.-



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.

ANEXO 16.

Clasificación de salinidad de los suelos, según C.E.

CLASIFICACION	SALINIDAD C.E (dS/m)
Salinidad ligera	2 – 4
Salinidad mediana	4 – 8
Salinidad fuerte	8 – 16
Salinidad extrema	> 16

Fuente: Torres (2009)

ANEXO 17.

Clasificación de suelos según los valores del pH

INTERPRETACION	pH
Muy ácido	< 5,5
Acido	5,6 – 6,5
Neutro	6,6 – 7,5
Alcalino	7,6 – 8,5
Muy alcalino	> 8,6

Fuente: Torres, (2009)

ANEXO 18.

Clasificación de aguas de riego, según RAS

CLASIFICACION	SIMBOLOGIA	RAS
Agua baja en sodio	S1	0-10
Agua media en sodio	S2	>10-18
Agua alta en sodio	S3	>18-26
Agua muy alta en sodio	S4	>26

Fuente: Oster, (1995)

ANEXO 19.

Tolerancia de las hortalizas a la salinidad del extracto de saturación del suelo	
Especie	Conduct. eléctrica (mmhos/cm)
Pimentón - Pepino	< 3
Melón	< 3
Apio	< 3
Tomate	< 5
Coliflor - Brócoli	< 5
Lechuga	< 5
Maíz dulce	< 5
Espárrago - Espinaca	< 8
Frutilla	< 1
Frambuesa	< 1
Palto	<1,3
Vides	<1,5
Cerezo	< 1,5
Cítricos	< 1,7
Nogal	< 1,7
Olivo	< 2,7

Fuente: INEA (2009)

ANEXO 20.

CÁLCULO DE FERTIRRIEGO

OFERTA.- Aportes del sustrato (ppm) tierra negra 50%, turba 40% y arena 10%

N 850 (ppm) ----- 8.5g/tubo PVC
 P 18.66 (ppm) ----- 1.4g/tubo PVC
 K 33.54 (ppm) ----- 3.4g/tubo PVC

Aporte del agua de riego

Potasio 0.56 (ppm)
 Sulfatos 15.50 (ppm)

OFERTA DE NUTRIENTES				
	N	P	K	S
UREA	46 - 0	- 0		
KNO ₃	13 - 0	- 46		
K ₂ SO ₄	0 - 0	- 50	- 18	

DEMANDA DE NUTRIENTES

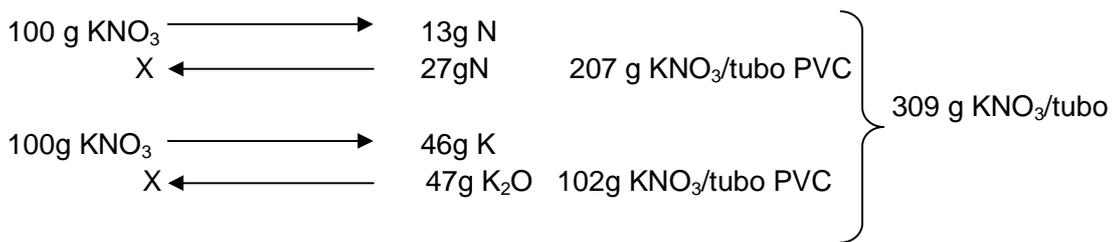
Cultivo	N (g/planta)	P ₂ O ₅ (g/planta)	K ₂ O (g/planta)
Frutilla	2.7 por 10 plantas/tubo PVC = 27gN	1.3	4.7 por 10 plantas/tubo PVC = 47g K ₂ O

Fuente: SOBIP (2006)

Nitrogeno con un 46% de N, y una solubilidad de 1000g.L⁻¹



Nitrato de potasio con 13% de N, 46 de potasio y una solubilidad de 316g.L⁻¹



Sulfato de potasio con 50% de K, 18% de azufre y una solubilidad de 110g.L⁻¹

