

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL  
CULTIVO DE FRUTILLA (*Fragaria x ananassa Duch*), BAJO EL  
SISTEMA HIDROPÓNICO NGS (NEW GROWING SYSTEM) EN  
AMBIENTE CONTROLADO DEL CENTRO EXPERIMENTAL  
KALLUTACA**

**Por:**

**Wily Mollisaca Aruquipa**

**EL ALTO – BOLIVIA**

**Mayo, 2016**

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE  
FRUTILLA (*Fragaria x ananassa Duch*), BAJO EL SISTEMA HIDROPÓNICO NGS  
(NEW GROWING SYSTEM) EN AMBIENTE CONTROLADO DEL CENTRO  
EXPERIMENTAL KALLUTACA**

*Tesis de Grado presentado como requisito  
para optar el Título de Ingeniero en  
Ingeniería Agrónomica*

**Wily Mollisaca Aruquipa**

**Asesor:**

Ing. MSc. Víctor Paye Huaranca

**Tribunal Revisor:**

Dr. Ing. Francisco Mamani Pati

Dr. Ing. Humberto Nelson Sainz Mendoza

Ing. Gabriel Pari Flores

**Aprobada**

Ing. Laoreano Coronel Quispe



**DEDICATORIA:**

*A mi esposa Cristina Valdivia Osido, que me brindó su apoyo y comprensión en todo momento.*

*A mis hijos Luis Fernando, Luz Morelia y Christian; que son mi esperanza y aporte para la siguiente generación.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Pública y Autónoma de El Alto, a la Carrera de Ingeniería Agronómica por su acogida y brindarme la oportunidad de formarme en sus aulas y predios.

A los predios de la Carrera de Ingeniería Agronómica que es el Centro Experimental Kallutaca por haberme acogido y brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de investigación.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica que me formaron con sus conocimientos científicos.

Agradecer a mi asesor Ing. MSc., Víctor Paye Huaranca, que me brindó su apoyo incondicional con sus conocimientos para estructurar este trabajo de investigación y por los buenos momentos compartidos.

Al tribunal revisor Dr. Ing. Francisco Mamani Pati, Dr. Ing. Humberto Nelson Sainz Mendoza, Ing. Gabriel Pari Flores por sus contribuciones y sugerencias que fueron importantes para la realización de este trabajo de investigación.

A todos mis amigos en especial a Severino Choquehuanca, Juan Cocarico, Ana Arminda Quispe, que siempre me brindaron su amistad y apoyo que perdurara por siempre por los momentos compartidos.

A Patricio encargado del Centro Experimental de Kallutaca por su gran colaboración en cuanto en construcción con la soldadura del sistema hidropónico N.G.S. (New Growing System).

A todos los compañeros de la Carrera, del semestre de los chatos que fueron uno de los mejores compañeros y amigos de mi gestión que siempre me brindaron su apoyo moral, a quienes los recordare por siempre, gracias a ellos fui representante del aula durante varios semestres y posteriormente por haberme elegido como máximo representante al nivel de la Carrera de Ingeniería Agronómica en gestiones 2013 – 2014.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS .....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
ABREVIATURAS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii

## ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación.....	2
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Hipótesis .....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Descripción de la frutilla.....	4
2.2. Principales productores en el mundo .....	4
2.3. Variedades de frutilla .....	5
2.3.1. Camarosa.....	6
2.3.2. Florida Festival.....	6
2.3.3. San Andreas .....	6
2.3.4. Camino Real .....	6
2.4. Cultivo de frutilla en Bolivia.....	7
2.5. Ambientes controlados para el cultivo.....	7

2.5.1.	Clasificación sistemática.....	7
2.5.2.	Descripción morfológica de la frutilla.....	8
2.5.2.1.	Semilla .....	9
2.5.2.2.	Raíz .....	9
2.5.2.3.	Corona .....	9
2.5.2.4.	Hojas .....	9
2.5.2.5.	Flores e inflorescencia.....	10
2.5.2.6.	Fruto.....	10
2.6.	Requerimiento nutricional de la frutilla. ....	10
2.7.	Hidroponía.....	10
2.7.1.	Sistema N.F.T. (Técnica de película de nutriente).....	11
2.7.1.1.	Sistema de raíz flotante.....	11
2.7.2.	Sistema por columnas (vertical) .....	11
2.7.3.	Sistema N.G.S. (New Growing System) .....	12
2.7.3.1.	Ventajas del sistema hidropónico N.G.S. (New Growing System).....	12
2.7.4.	Sustratos .....	13
2.7.4.1.	De naturaleza orgánica.....	13
2.7.4.2.	De naturaleza inorgánica.....	13
2.8.	Densidad de siembra de frutilla hidropónica .....	14
2.9.	Uso de fertilizantes .....	14
2.9.1.	Fertilizantes orgánicos.....	14
2.9.2.	Fertilizantes hidrosolubles .....	14
2.10.	Requerimientos edafoclimáticos.....	15
2.10.1.	pH.....	15
2.10.2.	Clima .....	15
2.10.3.	Temperatura .....	15

2.10.4.	Humedad relativa.....	16
2.10.5.	Conductividad eléctrica.....	16
2.11.	Enfermedades y plagas.....	16
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1.	Localización.....	18
3.1.1.	Ubicación Geográfica.....	18
3.2.	Materiales.....	18
3.2.1.	Material de estudio.....	18
3.2.2.	Material de químico.....	19
3.2.3.	Material de escritorio.....	20
3.2.4.	Material de campo.....	20
3.3.	Metodología.....	21
3.3.1.	Desarrollo del ensayo.....	21
3.3.1.1.	Características de ambiente controlado.....	21
3.3.1.2.	Habilitación de ambiente en el interior de módulo de hidroponía.....	21
3.3.1.3.	Construcción del sistema NGS (New Growing System).....	21
3.3.1.4.	Acondicionamiento de sustrato.....	25
3.3.2.	Trasplante de frutillas.....	26
3.3.3.	Preparación de solución nutritiva.....	27
3.3.4.	Suministro de la solución nutritiva.....	29
3.3.5.	Control de plaga.....	29
3.3.6.	Poda de hojas.....	29
3.3.7.	Poda de flores.....	29
3.3.8.	Cosecha.....	30
3.4.	Diseño experimental.....	30
3.4.1.	Distribución de tratamientos.....	30

3.4.2.	Croquis del área experimental.....	31
3.5.	Variables de respuesta .....	31
3.5.1.	Porcentaje de prendimiento.....	31
3.5.2.	Numero de hojas por planta .....	32
3.5.3.	Numero de flores por planta .....	32
3.5.4.	Numero de frutos por planta .....	33
3.5.5.	Peso del fruto .....	33
3.5.6.	Diámetro del fruto .....	34
3.5.7.	Días a la cosecha .....	34
3.5.8.	Rendimiento por tratamiento .....	35
3.5.9.	Grados °Brix.....	35
3.5.10.	Análisis económico .....	36
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1.	Factores climatológicos .....	38
4.1.1.	Temperatura dentro del ambiente atemperado .....	38
4.1.2.	Humedad relativa ambiental.....	39
4.1.3.	Conductividad eléctrica.....	40
4.1.4.	El pH.....	40
4.2.	Variables agronómicas .....	41
4.2.1.	Porcentaje de prendimiento.....	41
4.2.2.	Numero de hojas por planta .....	43
4.2.3.	Numero de flores por planta .....	44
4.2.4.	Días a la cosecha .....	45
4.2.5.	Numero de frutos por planta (NFrP).....	46
4.2.6.	Peso de fruto (PF).....	48
4.2.7.	Diámetro de fruto .....	49



4.2.8.	Grados brix (°Brix) .....	50
4.2.9.	Rendimiento .....	52
4.3.	Variables económicas.....	54
4.3.1.	Análisis económico .....	54
4.3.2.	Rendimiento ajustado .....	54
4.3.3.	Ingresos netos .....	55
4.3.4.	Relación beneficio/costo.....	55
5.	CONCLUSIONES .....	57
6.	RECOMENDACIONES.....	58
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	59
8.	ANEXOS .....	63

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales productores mundiales de frutilla.....	5
Cuadro 2. Fórmula de solución nutritiva para cultivo de frutilla .....	10
Cuadro 3. Variedades de frutilla .....	19
Cuadro 4. Primera fórmula para la adaptación del cultivo, con una conductividad eléctrica de 1300mS/cm .....	28
Cuadro 5. Segunda fórmula para el desarrollo y fructificación, con una conductividad eléctrica de 1800mS/cm .....	28
Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable porcentaje de prendimiento .....	42
Cuadro 7. Análisis de varianza para numero de hojas por planta .....	43
Cuadro 8. Análisis de varianza para número de flores por planta.....	44
Cuadro 9. Análisis de varianza de numero de frutos por planta.....	47
Cuadro 10. Análisis de varianza de peso del fruto.....	48
Cuadro 11. Análisis de varianza de diámetro de fruto .....	49
Cuadro 12. Análisis de varianza para °brix .....	51
Cuadro 13. Análisis de varianza del rendimiento.....	52
Cuadro 14. Calculo del rendimiento ajustado .....	54
Cuadro 15. Comparación de ingresos netos de las variedades .....	55
Cuadro 16. Relación beneficio costo de las variedades .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Morfología de la frutilla (Miserendino, 2007).....	8
Figura 2.	Ubicación de proyecto de investigación (Google Earth, 2016).....	18
Figura 3.	Multibanda plástica de tres capas .....	22
Figura 4.	Troquelado externa e interna de capas de la banda .....	22
Figura 5.	Soportes de celosía .....	23
Figura 6.	Construcción de la celosía.....	24
Figura 7.	Instalación del sistema de riego .....	24
Figura 8.	Componentes del riego automatizado.....	25
Figura 9.	Acondicionamiento del sustrato en bloques.....	26
Figura 10.	Plantines de frutilla .....	26
Figura 11.	Pasos a seguir para el trasplante de frutillas en la multibanda .....	27
Figura 12.	Croquis del experimento.....	31
Figura 13.	Planta prendida exitosamente .....	31
Figura 14.	Numero de hojas en desarrollo .....	32
Figura 15.	Planta de frutilla en floración en sistema NGS .....	32
Figura 16.	Planta de frutilla con fruto maduro .....	33
Figura 17.	Peso del fruto en gramos .....	33
Figura 18.	Fruto con un diámetro de 3.7 cm .....	34
Figura 19.	Plantas de frutilla en sistema NGS.....	34
Figura 20.	Cosecha de frutos para el rendimiento .....	35
Figura 21.	Toma de datos con el refractómetro .....	35
Figura 22.	Temperaturas máximas y mínimas durante el experimento.....	38
Figura 23.	Humedad relativa ambiental durante el ensayo.....	39
Figura 24.	Fluctuación de la conductividad eléctrica.....	40
Figura 25.	Fluctuación de pH de la solución .....	41

Figura 26.	Efecto de los tratamientos de porcentaje de prendimiento comparación con pruebas de Duncan (5%).....	42
Figura 27.	Prueba de Duncan del número de hojas en las variedades de frutilla .....	43
Figura 28.	Prueba de Duncan para número de flores por planta.....	45
Figura 29.	Días a la cosecha en las 4 variedades de frutilla.....	46
Figura 30.	Prueba de Duncan para número de frutos por planta .....	47
Figura 31.	Prueba de Duncan de peso del fruto.....	49
Figura 32.	Prueba de Duncan de diámetro de fruto .....	50
Figura 33.	Prueba de Duncan para °brix .....	51
Figura 34.	Prueba de Duncan de rendimiento.....	53

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1.	Análisis físico químico del agua .....	63
Anexo 2.	Promedios de las variables de respuesta .....	64
Anexo 3.	Costo total del manejo del cultivo de frutilla hidropónica .....	65
Anexo 4.	Costos de producción para un año .....	65
Anexo 5.	Recolección de sustrato en el Centro experimental Kallutaca .....	66
Anexo 6.	Desinfección de los plantines de frutilla .....	66
Anexo 7.	Primeras hojas verdaderas de las frutillas en el sistema.....	67
Anexo 8.	Plantas con un promedio de 10 hojas y Plantas con un promedio 15 hojas..	67
Anexo 9.	Plantas en floración .....	68
Anexo 10.	Plantas en fructificación.....	68
Anexo 11.	Frutillas en fructificación en el sistema N.G.S. ....	69
Anexo 12.	Variedad San Andreas y Florida Festival.....	69
Anexo 13.	Camino Real y Camarosa .....	69
Anexo 14.	Frutillas colectadas del sistema hidropónico N.G.S.....	70

**ABREVIATURAS**

*	Significancia Estadística
**	Alta Significancia Estadística
Ca	Calcio
CE	Conductividad Eléctrica de la Solución
Cl	Cloro
FAO	Organización para la Agricultura y la Alimentación
g	Gramos
K	Potasio
Kg	Kilogramos
Mg	Magnesio
NGS	New Growing System
N	Nitrógeno
Na	Sodio
O	Oxígeno
P	Fosforo
S	Azufre
Zn	Zinc

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Departamento de La Paz, provincia Los Andes en Centro Experimental Kallutaca. La finalidad fue evaluar las características agronómicas de cuatro variedades de frutilla como: Florida Festival, San Andreas, Camarosa y Camino Real. Se realizó el seguimiento sobre la adaptabilidad y producción de la frutilla hidropónica en un sistema recirculante según variedad, con la aplicación de solución nutritiva formulado a base de macro y micro nutrientes.

La metodología del ensayo se realizó con el sistema hidropónico N.G.S. (New Growing System), el cual es un nuevo sistema de cultivo recirculante que permite cultivar una amplia variedad de especies incluyendo todas las hortícolas de importancia económica. La multibanda es un elemento central del sistema compuesta por diferentes capas o “bandas” de polietileno superpuestas y soldados por los laterales, estas bandas se encuentra estratégicamente troqueladas para posibilitar la circulación del agua entre los distintos niveles y permitir el adecuado desarrollo de las raíces de la frutilla. Al mismo tiempo, el agua no absorbida por el cultivo es conducida al lugar de almacenamiento de partida para su reutilización.

En este estudio se evaluó: Porcentaje de prendimiento, número de hojas, número de flores, número de frutos, tamaño del fruto, peso del fruto, rendimiento por planta y grados °Brix (dulzura).

El diseño aplicado fue completamente al azar, tomando en cuenta 320 plantas, que representó el ensayo experimental; con el cual se determinó que la variedad San Andreas fue el mejor en cuanto a la precocidad y entra en producción a los 93 días con un promedio de 20 hojas por planta, con frutos grandes que alcanzó un peso máximo de 30 g/fruto, con un diámetro de 3.5 cm y con un rendimiento de 88 tn/ha. Seguido por las variedades Camarosa y Camino real que entraron en producción en un promedio de 105 días las cuales presentaron entre 2 a 3 frutos por planta cada 5 días con un peso que alcanzaron un promedio de 20 g/fruto y con un diámetro promedio de 3 cm, el rendimiento fue de 80 tn/ha y 79 tn/ha, respectivamente. En el último lugar se ubica la variedad Florida festival con un rendimiento de 69 tn/ha, pero es más sobresaliente en cuanto a la adaptabilidad porque posee mayor resistencia a factores climáticos, mayor cantidad de frutos por planta, mayor dulzura y mejor calidad de fruto.

## ABSTRACT

This research was conducted in the Department of La Paz province Los Andes in Kallutaca Experimental Center. The purpose was to evaluate the agronomic characteristics of four varieties of strawberries as Florida Festival, San Andreas, Camarosa and Camino Real. follow up on adaptability and Hydroponic strawberry production in a recirculating system was performed according to variety, with the application of nutrient solution formulated based on macro and micro nutrients.

The methodology of the trial was conducted with the hydroponics system N.G.S. (New Growing System), which is a new system that allows recirculating crop cultivate a wide variety of species including all economically important horticultural. The Multiband is a central element of the system consists of different layers or "bands" overlapping polyethylene and welded side, these bands is strategically punched to enable the circulation of water between the different levels and allow proper development of roots the icing. At the same time, water is not absorbed by the culture is conducted to storage starting for reuse.

This study evaluated: Percentage of engraftment, number of leaves, number of flowers, number of fruits, fruit size, fruit weight, yield per plant and degrees Brix (sweetness).

The design was completely randomized applied, taking into account 320 plants, representing the experimental test; with which it was determined that the variety San Andreas was the best in terms of precocity and goes into production at 93 days with an average of 20 leaves per plant, with large fruits reaching a maximum weight of 30 g / fruit, with 3.5 cm diameter and with a yield of 88 tons / ha. Followed by Camarosa and Real Camino varieties into production by an average of 105 days which occurred between two to three fruits per plant every 5 days with a weight averaged 20 g / fruit and an average diameter of 3 cm, the yield was 80 tons / ha and 79 t / ha, respectively. In the last place the variety Florida festival is located in a yield of 69 tn / ha, but is outstanding in terms of adaptability because it has greater resistance to climatic factors, the higher number of fruits per plant, increased sweetness and a better quality of fruit.



## 1. INTRODUCCIÓN

Los romanos cultivan la frutilla desde la antigüedad, durante la Edad Media se usaba en Europa como fruto comestible y planta ornamental. En el siglo XVIII las variedades *Fragaria Chiloensis*, difundidas en Chile desde mucho antes de la llegada de los españoles a América fueron cruzadas con variedades europeas *Fragaria Virginiana* y originaron muchas de las que hoy se conocen en el mundo (Duran, 2005).

Actualmente, el cultivo de la frutilla (*Fragaria ananassa* Duch.) se ha extendido a nivel mundial por diversas regiones en los últimos años y es prácticamente imposible conocer con total exactitud la superficie de cultivo actual. Según los datos de la FAO (2009), la producción de frutilla a nivel mundial se sitúa en torno a 4 millones de toneladas en una superficie aproximada de 250.000 hectáreas. Por continentes, América y Europa son los que se reparten un mayor porcentaje de la producción de frutilla, en torno al 65%, en su mayoría en zonas de clima templado a cálido.

En nuestro país se cuenta con una producción según el INE (2007), con rendimientos más altos en la producción de frutilla, teniendo en primer lugar al departamento de Santa Cruz con 9.6 tn/ha seguido por Cochabamba con 4.6 tn/ha, La Paz con 4.2 tn/ha, Tarija con un rendimiento 4.0 tn/ha y el departamento de Sucre con 3.7tn/ha, puesto que el rendimiento y la calidad se ven influenciados por diversos factores: Temperatura, Humedad Relativa, Clima etc., de cada región causante una producción limitada.

En la actualidad existen cultivos hidropónicos implementados en diferentes sistemas en Huelva (España), que se inició hace 15 años que están cultivando frutilla. Actualmente existe unas 200 hectáreas de cultivo de frutilla sin suelo en Huelva, bajo diversas modalidades: Sistemas abiertos o cerrados, suspendidos o apoyados, con o sin sustrato (hidropónico). Los sustratos usados principalmente son: fibra de coco, lana de roca, perlita y turba (Lopez y Aranda, 2009).

En nuestro país la hidroponía es una ciencia joven, que se puede adaptar en diferentes sistemas, implementando cultivos de importancia económica, al aire libre y en invernadero como ser la frutilla, que es una fruto muy apreciada para el consumo fresco y la elaboración de diversos derivados como son: yogurts, tortas, postres, etc., y como es rica en vitaminas A y C debido a sus cualidades de color, aroma, forma, firmeza y contenido en azúcares que son beneficiosos para la salud.

## **1.1. Justificación**

El sistema de cultivo hidropónico en recirculación permite el cultivo de una amplia variedad de especies, incluyendo todas las hortalizas de importancia económica; por lo tanto, es una alternativa al cultivo tradicional de especial interés para zonas de cultivo intensivo, porque aporta beneficios como ahorro de agua, ahorro de fertilizantes menor contaminación de acuíferos, reduce riesgo de enfermedades, no utiliza herbicidas, baja los costos energéticos, además innova permanentemente cultivar con calidad, cosechas con alto rendimiento y mayor precocidad del cultivo.

El cultivo sin suelo está considerado una alternativa sostenible, la desinfección química del suelo no es necesaria en este caso, por lo tanto la producción libre de parásitos, bacterias, hongos y contaminantes biológicos es posible. En las plantaciones sin suelo, se trabaja de pie y la recolección es cómoda, los residuos son mínimos y las bolsas de N.G.S., pueden reciclarse, las plantas están bien ventiladas y secas, la producción de frutos es limpia de suelo y arena.

Existen suficientes argumentos para adoptar a la modernización que representa la tecnología hortícola: En si para todos los cultivos es la forma de cultivo que menos contamina, se controla el agua y nutrientes. Si vamos por el lado ecologista y controlamos los residuos, es decir, con recirculación de la solución nutritiva, alcanza a la perfección.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

- Evaluar el comportamiento agronómico de cuatro variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch), bajo el sistema hidropónico N.G.S., (New Growing System), en ambiente controlado del Centro Experimental Kallutaca.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el comportamiento agronómico de cuatro variedades de frutilla, en el sistema hidropónico NGS (New Growing System).
- Determinar el rendimiento de las frutillas según variedad en ambiente controlado.
- Determinar la relación de costos y su beneficio según las variedades.

### 1.3. Hipótesis

- El comportamiento agronómico de las cuatro variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch), bajo el sistema hidropónico NGS (New Growing System), en ambiente controlado del centro Experimental Kallutaca, no tienen diferencias significativas.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Descripción de la frutilla**

La frutilla o fresa es denominado “morango” en portugués, “fragola” en italiano, “fraise” en francés y strawberry en inglés. De manera que de las 11 especies silvestres del genero *fragaria* existentes en el mundo fueron objeto de cosecha en un estado silvestre desde tiempos inmemoriales, tanto en viejo continente y en el nuevo, como es de suponer dadas las características atrayentes de sus frutos aromáticas (Folquer, 1991).

La frutilla pertenece a la familia de las rosáceas, es una planta herbáceo y es perenne, el sistema radicular está compuesto por raíces y raicillas, estos se renuevan durante el proceso fisiológico; sin embargo, está influenciado por factores ambientales como los microorganismos del suelo y otros. La profundidad del sistema radicular es variado, en condiciones óptimas llega a 2 hasta 3 m, si bien la longitud normal es de 30 a 40 cm, generalmente es de 25 cm (Villagran, 2005).

### **2.2. Principales productores en el mundo**

La superficie destinada al cultivo de frutillas es alrededor de 250.000 ha que rinden un total de 4.000.000 tn/año. Por continentes, América y Europa son los que se reparten un mayor porcentaje de la producción de frutilla, representa al 65% (FAO, 2009).

El cultivo de frutilla se adapta en una amplia gama de suelos y climas de acuerdo a la región, según la adaptabilidad de la misma y los rendimientos en Chile varían desde 12 a 50 tn/ha (Dinamarca, 2005).

El cultivo sin suelo de frutilla se ha extendido por el resto de Europa, sobre todo Francia, Portugal e Italia. Actualmente, la superficie de cultivo de frutilla fuera de suelo en España (Huelva) se aproxima a los 200 ha, algo más del 3% de la superficie total de cultivo, combinándose diferentes sistemas: sin sustrato (NGS: New Growing System) y con sustratos diversos de acuerdo al sistema (López, 2008).

La producción de frutilla en sistema N.G.S., de multibanda plástica alcanza un rendimiento de 120 tn/ha en Huelva, es casi 3 veces más que en 1 hectárea convencional en España (Tapia, 2013).

**Cuadro 1. Principales productores mundiales de frutilla**

Países	Producción de toneladas
Estados Unidos	1.133.703
España	263.900
Turquía	250.316
República Corea	203.227
Japón	193.000
México	176.396
Alemania	158.658
Egipto	104.000
Marruecos	100.000
Italia	57.670
Francia	46.900
Bélgica	40.000
Chile	40.000
Colombia	39.900

Fuente: FAOSTAT, citado por Marina A. Pombo (2010).

### 2.3. Variedades de frutilla

Guerena (2007), afirma que la frutilla es una especie que cuenta con muchas variedades apropiadas, debido a que es una planta sensible al clima, es decir su producción está determinada por la temperatura y luminosidad. Estas variedades de frutilla se clasifica de “día corto” y “día neutro” la formación de yemas florales inician los días empiezan a acortarse y las temperaturas descienden. Esta variedades de día corto florecen en primera comenzando a producir aqenios, en cambio las variedades de día neutro son insensibles a la longitud de la luz.

Darrow (1996), indica que se conocen más de 20 especies de frutilla, que varían en cuanto al número de cromosomas, que muestra una importante poliploidea, las especies silvestres más conocidas comúnmente son diploides, exhibiendo dos juegos de siete cromosomas, otras tetraploides o hexaploides, y los híbridos más resistentes son octoploides. Además que las especies con más cromosomas tienen a ser robustas y puede producir frutas grandes.

### **2.3.1. Camarosa**

Según el Boletín Económico (2002), menciona que es una variedad de frutilla de día corto similar a Chandler, pero con mayor productividad total y especialmente precoz, frutos grandes, firmes de color rojo fuerte y la planta más vigorosa, sensible a enfermedades fungosas, como oídio en especial en climas lluviosos y calurosos. Es una de las variedades de más alto rendimiento, que unido a su firmeza y gran tamaño han determinado en que sea la variedad de mayor importancia en las actividad en Chile.

### **2.3.2. Florida Festival**

La variedad produce frutas cónicas de color rojo brillante que mantienen su tamaño de mediano a grande. La fruta es especialmente conveniente para presentación de cestillas o cubetas de 250 gramos y tienen una excelente calidad aromática superior a la Camarosa pero no tan acentuada como Sweet Charlie. La fruta es similar a la Camarosa en cuanto a firmeza, las frutas poseen un consistente color rojo en su interior, posee una excelente calidad para el mercado de fruta congelada (SERAGRO, 2007).

La Florida festival tiene una superior resistencia a enfermedades y una mejor polinización bajo condiciones de clima fresco y húmedo, resultando en un alto porcentaje de fruta comerciable que la variedad Camarosa, especialmente el periodo temprano de la estación de cosecha (Moposita, 2011).

### **2.3.3. San Andreas**

Es una variedad de frutilla de día neutro moderado, excelente calidad de fruta (similar a Albión), excelente sabor, con poca necesidad de frío en vivero, resistente a enfermedades, fruta con más firmeza que candonga, con color rojo medio brillante, sabor y olor excelente, sensible a la carencia de boro. Además es muy precoz y productiva las primeras flores y estolones se debe cortar para estimular el crecimiento (EUROSEMILLAS, 2009).

### **2.3.4. Camino Real**

SERAGRO (2007), indica que es una variedad de frutilla de día corto, planta pequeña y compacta, producción similar a la Camarosa pero más tardía, produce un fruto por inflorescencia lo que permite que sean de igual tamaño (grandes) desde el inicio al fin de temporada. No se deforma es de color rojo oscuro su firmeza es semejante a la Camarosa

tiene muy buen sabor. Es susceptible a ácaros, se piensa que es porque al inicio es una planta débil pero de gran producción mayor que la Camarosa interesante para el mercado.

## **2.4. Cultivo de frutilla en Bolivia**

CIAT (2012), realizó un estudio específico en la zona de Comarapa, visitando 12 comunidades productoras de frutilla, entre ellas La Tara, Pampas, Bella Vista, Torrecillas, El Churo, Huertas, Estancia Vieja, Verdecillos, Pulquina, Alto Mairana y Abra de Punilla, donde se conoció que el 90% de los productores manifestó que las plantas proceden de Argentina con un costo de 0.90 centavos la unidad de planta por lo cual se produce en el municipio 150 ha. Por cada hectárea se cosecha al menos 60 kg y se vende a 5 Bs/kg. El productor de frutillas Sr. Villegas dijo que esta región es considerada como la mayor productora de frutilla y la mejor a nivel del país “como productores Riveros” tenemos mercados en Santa Cruz, pero el resto de las frutillas se lleva a Cochabamba, Sucre y a otras regiones como La Paz y Oruro; por lo tanto, están involucradas otras regiones como productoras y están localizados en Tarija con un rendimiento de 4 tn/ha, Cochabamba con 4.6 tn/ha y La Paz con un rendimiento de 4.2 tn/ha.

Salguero (2014), menciona que la producción de frutilla en nuestro país abarca zonas con condiciones agroclimáticas favorables como en el municipio de Comarapa, el rendimiento que llega a producir en un promedio de 24 toneladas de frutillas por hectárea, donde se registra que 13 frutos llegan a pesar un promedio de 1 kg, lo que permite que el 90% de la producción cubre casi el total de la demanda del mercado interno.

## **2.5. Ambientes controlados para el cultivo**

La construcción de invernaderos, tiene importancia desde punto de vista económico, social y técnica por lo cual permite obtener excelentes rendimientos y posteriormente comercializados. Por otro lado, como alternativa que la producción absorbe mano de obra desocupada, tanto de jornaleros y técnicos que se requiere para la atención y explotación del invernadero. Finalmente, para tener un éxito deseado es importante tener conocimientos técnicos tanto en construcción como en la producción para no entrar en pérdidas en la producción (Flores, 1996).

### **2.5.1. Clasificación sistemática**

Folquer, citado por Escobar (2011), muestra que la frutilla tiene la siguiente clasificación:

Reino: Plantae

División: Magnoliopsida

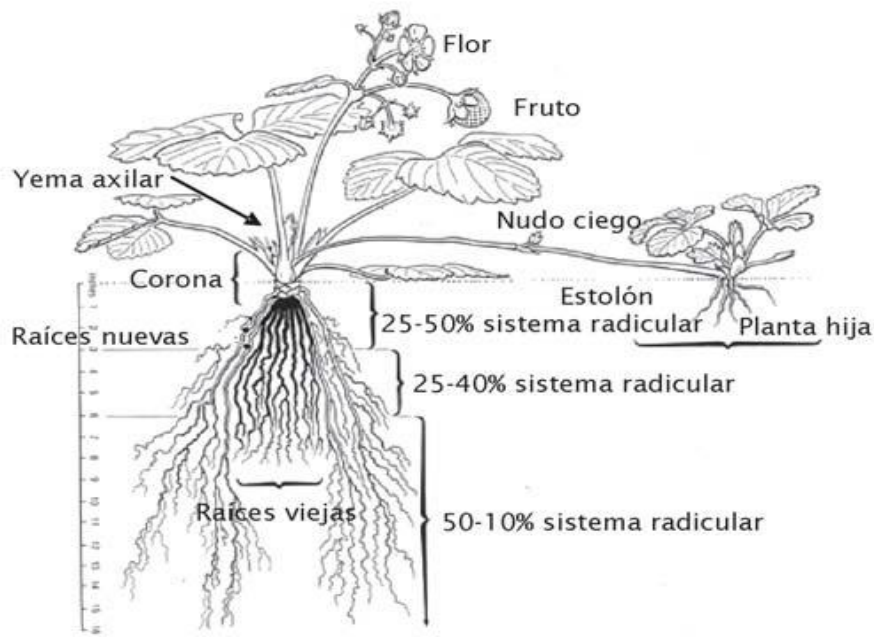
Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Género: *Fragaria*

Especie: *Fragaria Ananassa* Dusch.

### 2.5.2. Descripción morfológica de la frutilla



**Figura 1. Morfología de la frutilla (Miserendino, 2007).**

Estrada (2010), indica que las infraestructuras son de distintas formas como ser: tipo túnel, dos aguas, media agua, subterráneo y semisubterránea, esta construcción depende en el lugar donde se ubique contra la acción del frío.

El invernadero a escoger puede ser tan simple como un túnel con cubierta de plástico hasta uno de la más alta tecnología. La decisión se sustenta en gran parte en el análisis beneficio-costos, la disponibilidad de un mercado adecuado y de recursos materiales y económicos necesarios para una eficiente operación (Martínez & León, 2004).



La frutilla (*Fragaria ananassa*) es una planta herbácea, de vida corta, que puede durar hasta dos años en producción económica, en lugares en que las condiciones ambientales lo permitan. Produce hojas, corona, estolones, flores y raíces, de acuerdo a patrones determinados genéticamente y por factores ambientales que puede modificar considerablemente la expresión de su desarrollo (Villagrán, 2012).

#### **2.5.2.1. Semilla**

Folquer (1991), los “aquenios” llamados vulgarmente semillas, son frutos secos 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 amarillos, rojos, verdes, marrones. Un fruto mediano suele tener de 150 a 200 aquenios pudiendo llegar hasta 400 en los frutos de mayor tamaño.

#### **2.5.2.2. Raíz**

Posee un sistema radicular fasciculado de un 80% que se ubica en los primeros 15 cm a 20 cm encontrándose las raíces ya viejas a los 40 cm más o menos de profundidad (Barquero, 2007).

#### **2.5.2.3. Corona**

La corona es parte de la planta de frutilla es un tallo corto, cilíndrico, un corte longitudinal de la misma, permite distinguir una corteza central y el sistema vascular hacia la periferia. El color de una corona sana es blanco y cualquier alteración provocada por problemas fisiológicos o por insectos, produce decoloraciones, necrosis de tejido, podredumbres. De los nudos de la corona salen las hojas, cuyas axilas contienen yemas que dan origen a las nuevas coronas, estolones, inflorescencias, de acuerdo a las condiciones climáticas y nutricionales (Giménez, 2013).

#### **2.5.2.4. Hojas**

Las hojas son de borde aserrado y cara inferior levemente pedunculada puede producir hojas con 4 o 5 folíolos terminales. Las hojas son compuestas trifoliadas que se distinguen a la vaina que envuelve parcialmente al tallo el peciolo pubescente, con una longitud de 3 y 20 cm según las variedades y las condiciones en el que se ha desarrollado la planta (Folquer, 1991).

### 2.5.2.5. Flores e inflorescencia

Las inflorescencias se forman a partir de meristemas terminales de las coronas. Varias inflorescencias se puede formar en cada corona y el número y tipo de flores es variable a acuerdo al cultivar y el clima en general. Cada flor está constituida por un pedúnculo floral, sépalos, pétalos, pistilos, estambres (Giménez, 2013).

### 2.5.2.6. Fruto

Es un poli-aquenio conocido botánicamente como etéreo, en el que la parte comestible es un receptáculo que aloja numerosos aquenios. La forma es diversa de acuerdo a la variedad (cónica, globulosa, esférica etc.) el color en la madurez varía desde rosa claro hasta violeta oscuro (Chiqui & Lema, 2010).

## 2.6. Requerimiento nutricional de la frutilla.

**Cuadro 2. Fórmula de solución nutritiva para cultivo de frutilla**

FERTILIZANTES	LEY (%)	CRECIMIENTO g/m <sup>3</sup>	FRUCTIFICACIÓN g/m <sup>3</sup>
Nitrato de Potasio	13.5% 46% K <sub>2</sub> O	510	510
Nitrato de Amonio	31% N	100	50
Nitrato de Calcio	15.5% N 26% Ca O	620	620
Fosfato Monopotásico	52%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 34% K <sub>2</sub> O	200	260
Sulfato de Potasio	50% K <sub>2</sub> O, 18% S	100	100
Sulfato de Magnesio	16% Mg O, 13% S	320	320
Quelato de hierro	6% Fe	30	35
Ácido Bórico	18% B	2.5	2.5
Sulfato de Magnesio	25% Mg	4	4.5
Sulfato de Zinc	23% Zn	0.9	0.9
Sulfato de Cobre	25% Cu	0.6	0.6
Molibdato de Amonio	54% Mo	0.15	0.15

Fuente: Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria la Molina

## 2.7. Hidroponía

La Hidroponía (hidro = agua y phonos = trabajo) técnica que utiliza una solución nutritiva para la alimentación de las plantas y no el suelo. Ha venido ganando terreno en los últimos años (Abdallah, 2015).

La hidroponía es la parte de los sistemas de producción llamados cultivos sin suelo. En estos sistemas el medio de crecimiento y/o soporte de planta está constituida por sustancias

de diverso origen, orgánica o inorgánica, inerte o no inerte es decir con tasa variable de aportes a la nutrición mineral de las plantas. Podemos introducir desde sustancias como perlita, vermiculita o lana de roca, materiales que son consideradas propiamente inertes y donde la nutrición de la planta es estrictamente externa, a medios orgánicos realizados con mezclas que incluyen turbas o materiales orgánicos como corteza de árboles picada, cascara de arroz, etc. (Beltrano, 2015).

### **2.7.1. Sistema N.F.T. (Técnica de película de nutriente)**

El sistema NFT o técnica de la película nutriente en español o sistema recirculante por la forma en que trabaja, es un sistema que utiliza el principio de retroalimentación de los nutrientes mediante una bomba de aire que es utilizada para oxigenar los nutrientes en el tanque de reserva, una segunda bomba oxigena los nutrientes hasta los tubos de PVC que deben tener una leve inclinación para que los nutrientes no se sedimente en su recorrido, una vez que se ha nutrido las plantas por medio de las raíces la solución es drenada para ser vaciada en tanque y volverse a oxigenar para dar paso a la retroalimentación del proyecto (Mantilla, 2010).

Salazar & Ramírez (2011), indican que este sistema es estrictamente hidropónico, porque no presenta ningún tipo de sustrato. Solamente existen los canales por donde circula el agua junto a los fertilizantes, los que además sirven de sostén para el cultivo que se está produciendo bajo esta técnica.

#### **2.7.1.1. Sistema de raíz flotante**

La solución está en camas o bancadas, las cuales varían sus dimensiones según la cantidad de plantas que se desee producir, dichas bancadas son rectangulares con profundidad entre 25 y 50 cm, la cual depende también de la especie a cultivar por el tamaño de las raíces (Gutiérrez, 2012).

### **2.7.2. Sistema por columnas (vertical)**

Mantilla (2010), menciona que para este sistema se pueden utilizar macetas de poliestireno de entre 4 a 4.5 litros de capacidad, las mismas que van apiladas una sobre otro con una distancia de 30 cm, aproximadamente todo esto contribuye a que la gravedad haga el trabajo de nutrir a la planta con la solución hidropónica. En cada columna de 8 macetas se pueden cultivar hasta 4 plantas por cada una, es decir que en una sola columna tendríamos

32 plantas, en cada maceta se utilizan sustratos muy livianos como la piedra pómez, la cascarilla de arroz, o la fibra de coco.

La solución nutritiva es distribuida por un tubo de polietileno que esta sobre las columnas, a este tubo está conectado una especie de cruceta que de manera alterna esta sobre las macetas 1, 3, 5,7 de manera descendente, cada uno de los bordes posee un agujero que permite que la solución gotee a cada maceta y así por gravedad se puedan nutrir cada una de las macetas (Mantilla, 2010).

### **2.7.3. Sistema N.G.S. (New Growing System)**

El sistema N.G.S., (New Growing System) es un sistema hidropónico puro, en el que la planta desarrolla sus raíces en el medio líquido sin utilizar ningún tipo de sustrato sólido. Instalado en un circuito cerrado, se encuentra suspendido en estructuras metálicas, y consiste en un conjunto de bolsas de polietileno colocadas una dentro de otra, por las que fluye una solución nutritiva desde la primera hasta la última capa, que sirve de recogida y conducción de agua hacia una tubería de drenaje que desemboca en un depósito, de manera que el agua de la solución y los nutrientes sobrantes que ella contiene se reutilizan (Sesma, 2010).

#### **2.7.3.1. Ventajas del sistema hidropónico N.G.S. (New Growing System)**

Tapia (2013), indica que es un sistema hidropónico “puro”, que se adapta perfectamente a la fresa. A continuación se enumera una serie de ventajas que el sistema N.G.S. ofrece al cultivo de la fresa:

- Economía del sistema, permite ser adaptado perfectamente a infraestructuras existentes en la zona. En este tipo de estructuras la densidad de plantación alcanza 17 plantas en un metro cuadrado.
- Método respetuoso con el medio ambiente. No es contaminante, ya que no producen vertidos de abono que contaminen el medio ambiente.
- Ahorro de agua y abono. Ya que el ciclo de riego es cerrado.
- Reduce el riesgo de enfermedades. La fruta esta en todo momento “al aire”, nunca entra en contacto con el plástico debido a la forma física de la bolsa.
- Disminuye el coste de la mano de obra. Facilitando la recolección.
- Posibilidad de hacer una reposición inmediata de los cultivos.

- Facilidad de mantener el sistema radicular a una temperatura óptima para el desarrollo radicular adecuado, sin necesidad de someter a la planta a variaciones bruscas de temperatura.
- Mejora el rendimiento, la calidad y precocidad de las cosechas.
- Posibilidad de utilizar abonos de síntesis orgánica que permitan realizar un cultivo totalmente biológico.
- Trazabilidad controlada del cultivo.

#### **2.7.4. Sustratos**

Los cultivos sin suelo se pueden clasificar en hidropónicos (cultivos en agua) y cultivos en sustratos. A su vez un sustrato es todo material sólido, natural o de síntesis, mineral u orgánico, que permite el cultivo y desarrollo de plantas con el aporte de una solución nutritiva (López, 2008).

##### **2.7.4.1. De naturaleza orgánica**

Uno de los sustratos más accesibles es la cascarilla de arroz que es una fuente en sílice, lo que beneficia a los vegetales, aserrín o viruta desmenuzada de maderas amarilla pues los mantiene resistentes a plagas y enfermedades (Restrepo, 2001).

##### **2.7.4.2. De naturaleza inorgánica**

De naturaleza orgánica se recomienda:

- Lava volcánica o negra
- Piedra pómez
- Arena de río o de quebrada de agua limpia
- Escoria de carbón mineral en otras zonas

Estos sustratos se podrían utilizarse individualmente y para algunas hortalizas, desde los puntos de vista químicos o biológicos resulta conveniente no mezclarlos. Pero debe evaluarse la posibilidad de riesgos que se tiene, pues necesitan mayor frecuencia debido a su escasa capacidad de retención de humedad (Restrepo, 2001).

## **2.8. Densidad de siembra de frutilla hidropónica**

La densidad de siembra de frutilla en diferentes sistemas hidropónicos es de 25 centímetros entre plantas y 25 centímetros entre surcos (canal de cultivo en el Sistema N.F.T) (Sánchez, 2004).

## **2.9. Uso de fertilizantes**

El uso de fertilizantes debe ser parte de un programa integrado de buenas prácticas agrícolas tendiente a mejorar la producción de los cultivos y consecuentemente los ingresos de los agricultores. Los fertilizantes proveen nutrientes que los cultivos necesitan, con los fertilizantes se pueden producir más alimentos y cultivos comerciales, y de mejor calidad. Con los fertilizantes se puede mejorar la baja fertilidad de los suelos que han sido sobreexplotados (FAO, 2002).

### **2.9.1. Fertilizantes orgánicos**

Los fertilizantes orgánicos de los productos de origen animal y vegetal después de un proceso de descomposición de la materia orgánica; en este proceso los microorganismos son importantes porque son quienes descomponen la materia orgánica, de tal manera que la planta pueda usarlo para su nutrición. Entre los abonos orgánicos se incluyen los estiércoles, compostas, vermicompost, abonos verdes, residuos de las cosechas, residuos orgánicos industriales, aguas negras y sedimentos orgánicos, la aportación de estas son muy variables en sus características físicas y composición química principalmente en el contenido de nutrimentos (Rodríguez, 2011).

### **2.9.2. Fertilizantes hidrosolubles**

Las plantas a través de un sistema radicular obtienen oxígeno, agua y los nutrientes minerales necesarios para su normal crecimiento y desarrollo. Los nutrientes esenciales son aquellos imprescindibles para la vida del organismo vegetal y cuya función en la célula es tan específica que no pueden ser reemplazados por otros. Están implicados directamente en el metabolismo celular y son imprescindibles en la mayoría de las plantas superiores. Los nutrientes esenciales son requeridos por los vegetales en cantidades variables. En este sentido, podemos indicar que algunos de ellos forman las estructuras cuantitativamente más importantes o activas en el metabolismo, y por lo tanto son requeridos en cantidades relativamente elevadas. Estos se denominan elementos mayores

o macro nutrientes, los que son requeridos en orden de g/L de solución y en este grupo se encuentra el C, H, O, N, P, K, Ca, Mg y S. Otro grupo de nutrientes esenciales se necesitan en cantidades más reducidas y son denominados elementos menores o micronutrientes. Estos se requieren en orden de mg/L de solución y entre ellos figuran el Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Ni y Cl. La necesidad de menos cantidad no implica que tengan menor importancia, solo que son requeridos en menores cantidades relativas respecto a los macro nutrientes (Carbone, 2015).

Favela (2006), menciona que una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrientes esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de hierro y de algún otro micro nutrimento que puede estar presente, además están contienen las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente.

## **2.10. Requerimientos edafoclimáticos**

### **2.10.1. pH**

El pH del agua de riego generalmente fluctúa entre 7.0 y 8.5. Antes de preparar la solución nutritiva, el pH del agua debe estar a 5.5; después de hacerlo, se mide nuevamente y se hacen los ajustes necesarios, hasta que quede en 5.0; en casos de que sea mayor a 5.5, nuevamente se añade un ácido fuerte. Para bajar el pH se puede emplear un ácido comercial, por ejemplo,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Favela, 2006).

### **2.10.2. Clima**

La frutilla 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  $-20^\circ\text{C}$ , aunque los órganos florales quedan destruidos con valores algo inferiores a  $0^\circ\text{C}$ . Al mismo tiempo son capaces de sobrevivir a temperaturas estivales de  $55^\circ\text{C}$ . Los valores óptimos para una fructificación adecuada se sitúan en torno a los  $15 - 20^\circ\text{C}$  de media anual (INFOAGRO, 2010).

### **2.10.3. Temperatura**

La mayoría de los cultivos requieren de un rango de temperaturas consideradas fresca,

siendo estas específicas para cada tipo. Tanto la temperatura como la circulación correcta del aire ayudan para el aumento de la producción de las plantas, obteniendo cosechas constantes, que permiten ventas fuera de temporada sin tener que ocurrir a dejar de sembrar para evitar el frío (Gutiérrez, 2012).

#### **2.10.4. Humedad relativa**

Para el cultivo de fresa más o menos adecuada es de 60 y 75%, cuando es excesiva permite la presencia de enfermedades causadas por hongos, por el contrario, cuando es deficiente, las plantas sufren daños fisiológicos que repercuten en la producción, en casos extremos las plantas pueden morir (Chiqui, 2010).

#### **2.10.5. Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica es un indicador indirecto de la concentración salina del agua y de la solución nutritiva; nos puede dar un indicio si el agua a utilizar es la adecuada y sobre la vida útil de la solución nutritiva en el sistema. Al comienzo el agua de nuestra fuente deberá contar con el nivel más bajo posible de conductividad eléctrica; son adecuados valores de 700 a 1200 mS/cm. Luego del agregado de sales, al formular la solución, la conductividad dependerá del cultivo y estado de crecimiento, por ejemplo la lechuga tiene márgenes bajos para su desarrollo (entre 2 - 2.5), el tomate tolera valores más altos. Al tener valores más altos de sales disueltas en la solución, la absorción de nutrientes por la planta se ve limitada, repercutiendo en el normal desarrollo del cultivo (Gilsanz, 2007).

#### **2.11. Enfermedades y plagas**

Al respecto a las plagas y enfermedades que afectan a este cultivo, solo se mencionaran las que causan daños importantes en las plantaciones de acuerdo a la zona. La fresa es susceptible al ataque de varios insectos durante todo su ciclo, y la batalla contra estas plagas debe comenzar con medidas preventivas adecuadas (Giménez, 2003).

##### **a) Principales plagas**

Según Fernández et al. (2010), las principales plagas de la frutilla son:



**Pulgones** (*Mysus persica* y *Aphis* sp), son insectos pequeños y blandos que atacan al envés de las hojas que luego se arrugan y si el ataque es severo, se detiene el crecimiento del brote y además provocan amarillamiento de hojas, transmiten virus.

**Ácaros**, La arañuela roja (*Tetranychus* sp), pueden ocasionar graves problemas en las regiones semiáridas y polvorosas durante los meses calurosos, son organismos muy pequeños que se encuentran en la parte inferior de las hojas y puede verse solo con lupa. Su ataque se identifica por el color pardo y amarillamiento de las hojas.

#### **b) Principales enfermedades**

Según Fernández et al. (2010), las principales enfermedades son:

**Mancha de la hoja** (*Mycosphaerella fragariae*), provoca la presencia de manchas pequeñas redondas de color rojizo a púrpura pudiendo causar destrucción de las hojas.

**Podredumbre gris** (*Botrytis cinérea*), los frutos en contacto con el suelo son infectados, mientras que los frutos maduros por efecto de la enfermedad se secan y quedan modificados.

**Oídium** (*Spheroteka macularis*), el borde de las hojas se enrolla hacia arriba del borde, provocan deformación de los frutos

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

##### 3.1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental de Kallutaca, ubicada en la Segunda Sección del Municipio de Laja correspondiente a la Provincia Los Andes del Departamento de La Paz, geográficamente ubicada a una altitud aproximada de 3.902 msnm., a 16°25' y 16°47' de latitud Sud y entre los paralelos 68°10' y 68°37' de longitud Oeste (Google Earth, 2016).







Figura 2. Ubicación de proyecto de investigación (Google Earth, 2016)

#### 3.2. Materiales

##### 3.2.1. Material de estudio

En el presente estudio se empleó cuatro variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch), la introducción de estas variedades se debe a mejoras en calidad y altos rendimientos.

**Cuadro 3. Variedades de frutilla**

Nº	Variedades	Procedencia	Producción en Kallutaca
1	Florida Festival	Santa Cruz (Comarapa)	
2	Camino Real	Santa Cruz (Comarapa)	
3	Camarosa	Santa Cruz (Comarapa)	
4	San Andreas	Santa Cruz (Comarapa)	

**3.2.2. Material de químico**

- Nitrato de calcio
- Nitrato de potasio
- Sulfato de magnesio
- Sulfato de potasio
- Extrafos (10-55-10)
- Plantprod (12-0-44)
- Fetrilon combi
- Cosmoquel
- Ácido nítrico

- Ácido fosfórico
- Hidróxido de potasio
- Cypermetrin

### **3.2.3. Material de escritorio**

- Computadora
- Balanza de precisión
- Regla graduada
- Cuaderno de registro
- Calibrador vernier
- Calculadora

### **3.2.4. Material de campo**

- Termo higrómetro (máximas y mínimas)
- pH metro
- Conductímetro
- Temporizador de riego
- Bomba de impulsión
- Cinta de goteo
- Cinta métrica
- Tanque de almacenamiento
- Multibanda plástica
- Tubos PVC
- Tubos de retorno
- Callapos
- Celosía
- Cámara fotográfica
- Agrofílm de 100 micrones
- Alambre de amarre
- Cábano
- Cintas adhesivas
- Canastilla de cosecha
- Mochila fumigadora

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Desarrollo del ensayo**

##### **3.3.1.1. Características de ambiente controlado**

El experimento, se realizó en un sistema protegido (carpa solar), en el módulo de hidroponía, modelo de construcción de dos carpas fusionadas de dos aguas, con una superficie construida de 400 m<sup>2</sup>, de 20 m de largo y 20 m de ancho longitudinalmente con paredes laterales de adobe, las columnas sujetadas con callapos, vigas de madera y cubierta en su totalidad con polietileno (agofilm) de 200 micrones de espesor, la superficie utilizada para el presente trabajo de investigación fue de 24 m<sup>2</sup>.

##### **3.3.1.2. Habilitación de ambiente en el interior de módulo de hidroponía**

La segunda carpa instalada en el presente trabajo de investigación tuvo dimensiones de 1.5 m de ancho y 16 m de largo con las siguientes características:

- Se utilizó agrofilm de 100 micrones para toda la cubierta en general cuya función fue la de evitar el enfriamiento del ambiente en época de helada.
- En entre techo se utilizó malla semi-sombra de 50% de fijación de luz, que evitó el marchitamiento de hojas cuando alcanza temperaturas altas.
- Se instaló una puerta que serviría para ventilar la segunda carpa, con dimensiones de 0.80 m de ancho y 1.60 m de altura con zíper para evitar el enfriamiento de la carpa

##### **3.3.1.3. Construcción del sistema NGS (New Growing System)**

###### **a) La multibanda plástica**

Es el elemento principal del sistema NGS, se trata de un conjunto de bandas de polietileno que se agrupan para formar bandas superpuestas entre sí, esta proporciona soporte al cultivo a la vez que recoge el agua de riego sobrante en la capa interior de la banda. La capa superior de la multibanda exterior fue de color blanco de 150 micrones de espesor ya que el color blanco refracta la radiación solar.



**Figura 3. Multibanda plástica de tres capas**

**b) Troqueles en multibanda**

Los troqueles exteriores para la fijación de las plantas están situadas cada 20 cm entre plantas y los troqueles internos de la capa van con perforaciones equidistantes (20 cm) para conducir el agua a través de los diferentes niveles de la multibanda; tiene la función de asegurar que el nivel de agua en ningún caso ahogue las raíces de la planta y permitir optimizar el crecimiento de la raíz así como la absorción de agua y nutriente, al mismo tiempo facilita la oxigenación del sistema radicular.



**Figura 4. Troquelado externa e interna de capas de la banda**



### c) Soportes

Los soportes son los que proporcionan rigidez a la multibanda para tal efecto se plantaron armazones que se construyeron con troncos de madera que se colocaron alrededor de la multibanda, lo que sirvió como soporte y protección, esta se instaló a una altura de 0.90 m y 2.5 m de largo.



**Figura 5. Soportes de celosía**

### d) Celosía

En cuanto a los soportes de apoyo, son estructuras metálicas fabricados de hierro que están soldadas con firmeza entre hierros y próximamente pintadas para evitar la corrosión, que sirven para situar y fijar las líneas de multibanda



**Figura 6. Construcción de la celosía**

**e) Sistema de riego**

Una vez concluida con las instalaciones y la multibanda fijado a los soportes, se planificó el “riego a demanda”, basado en la medida del consumo instantáneo del cultivo, mediante la instalación de dos contadores volumétricos, uno a la entrada de la tubería que conduce la solución nutritiva al cultivo mediante la cinta de goteo y el otro a la salida que retorna la solución al depósito de almacenamiento.



**Figura 7. Instalación del sistema de riego**





**Figura 8. Componentes del riego automatizado**

De forma similar a otros sistemas hidropónica que trabajan en circuito cerrado, este sistema requiere también una instalación de riego compuesto por los siguientes elementos:

- Red de tuberías que conduce la solución nutritiva desde el tanque de depósito de solución hasta el cultivo de la frutilla.
- Red de tubería de drenaje, que retorna la solución nutritiva hasta el depósito de recepción.
- Depósito de recepción, que se instaló junto al grupo de impulsión.

#### **3.3.1.4. Acondicionamiento de sustrato**

Se introdujo el sustrato en la segunda capa de la banda, sustrato extraído de la laguna del centro experimental de kallutaca recortado en bloques con medidas de 13 cm de ancho por 20 cm de largo y con una altura de 3 cm, esta técnica se utilizó con el propósito de sujeción de la planta y almacenamiento de humedad.



**Figura 9. Acondicionamiento del sustrato en bloques**

### **3.3.2. Trasplante de frutillas**

Antes de realizar el trasplante, las plántulas de frutilla fueron sumergidas por 60 segundos en una solución de Carbendazim 50 cc/20 litros de agua con el propósito de desinfectar contra las enfermedades. Además se empleó Plantprod que es un estimulante para la formación de nuevas raíces.

El trasplante de las variedades de frutilla se realizó de acuerdo a las aperturas de los troqueles o perforados en la superficie de la multibanda plástica. Cada bloque tuvo cuatro repeticiones y cada repetición se trasplanta a 20 plántulas por variedad.

El procedimiento del trasplante de las plántulas se realizó en horarios de la tarde ya que la temperatura está fresca en esos periodos, este procedimiento es para evitar el estrés de las plántulas.



**Figura 10. Plantines de frutilla**



**Figura 11. Pasos a seguir para el trasplante de frutillas en la multibanda**

### 3.3.3. Preparación de solución nutritiva

Para preparar la solución nutritiva se tomó en cuenta la cantidad de elementos existentes, del análisis físico-químico (anexo 1) del agua del centro experimental kallutaca, de acuerdo con la concentración de nutrientes que existen en el agua de riego, se adicionaron los nutrientes faltantes según el requerimiento de la especie, con el programa HydroBuddy.

**Solución A (macronutrientes):** Se utilizaron las siguientes sales compuestas: Nitrato de Calcio, Nitrato de Potasio, Sulfato de Potasio, Sulfato de Magnesio y Fosfato Monoamónico, que contenían los macro elementos (N, P, K, Ca, Mg y S).

**Solución B (micronutrientes):** Se utilizaron los compuestos químicos: Extrafos, PlantProd, Fetrilon Combi y Cosmoquel, que contenían los micro elementos (Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo).

Como regulador de pH, se usó ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) en la etapa inicial; durante la segunda etapa se utilizó ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ).



Una vez acabado con los trabajos del trasplante de plántulas se procedió a realizar la primera formulación para adaptación del cultivo, luego se procedió a la preparación y aplicación de la solución nutritiva, que contenía los macro y micronutrientes que se detallan en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Primera fórmula para la adaptación del cultivo, con una conductividad eléctrica de 1300mS/cm**

CANTIDAD DE FERTILIZANTES PARA 100 LITROS			
FERTILIZANTE	FORMULA	ELEMENTO	PESO (g)
Nitrato de calcio	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Macro elemento	49
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	Macro elemento	42
Sulfato de magnesio	MgSO <sub>4</sub>	Macro elemento	34
Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Macro elemento	8
Extrafos (10-55-10)	Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, B.	Micro elemento	34
Plantprod (12-0-44)	Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo	Micro elemento	42
Fetrilon combi	Mn, Fe, Cu, Zn, B, Mo, Mg, S	Micro elemento	2.9

Una vez que las plántulas cuentan con un promedio de 15 a 20 hojas ya están preparados para la producción, entonces se procede a la segunda preparación de solución nutritiva de acuerdo a su requerimiento con una conductividad de por encima de 1800 mS/cm para los frutos. La fórmula se describe en el cuadro 5.

**Cuadro 5. Segunda fórmula para el desarrollo y fructificación, con una conductividad eléctrica de 1800mS/cm**

CANTIDAD DE FERTILIZANTES PARA 100 LITROS			
FERTILIZANTE	FORMULA	ELEMENTO	PESO (g)
Nitrato de calcio	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Macro elemento	49
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	Macro elemento	56.3
Sulfato de magnesio	MgSO <sub>4</sub>	Macro elemento	30
Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Macro elemento	16
Fosfato monoamónico	HN <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	Macro elemento	4
Ácido fosfórico	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Estabilizador de pH	21.5
Cosmoquel	Ca, Mg, S, B, Co, Fe, Mn, Mo, Zn, Cu	Micro elemento	8

#### **3.3.4. Suministro de la solución nutritiva**

El riego se realizó desde el inicio del trasplante hasta la cosecha, 2 veces al día en un periodo de 3 días a la semana, la aplicación de riego fue una vez en la mañana y otra en la tarde bajo el control de un temporizador.

La solución nutritiva se cambió cada 15 días para evitar el desbalanceo de nutrientes (macro elementos y micro elementos) que puedan existir en ese tiempo.

#### **3.3.5. Control de plaga**

En el presente ensayo, se realizó 2 controles, ya que se observó la presencia de insectos defoliadores, para evitar la incidencia se aplicó Cypermethrin al 99% en una dosis de 5 ml para 20 litros de agua.

Otro problema que hubo es la presencia de la araña roja (*tetranychus urticae*), que según Argollo (2012), son ácaros de cuerpo ovalado, que miden 0,5 mm de largo con la coloración de manchas oscuras en el dorso. Los daños son causados durante su alimentación, por lo general viven en el envés de las hojas y las colonias de ácaros si no se controla a tiempo forman una tela que les sirve de protección lo que llega a cubrir el follaje esto impide que realicen una fotosíntesis de forma normal.

Esta plaga se controló con un repelente natural, la preparación se realizó de la siguiente manera: Se hizo hervir 15 gramos de tabaco en 500 ml de agua durante 15 minutos, luego se adiciono 5 gramos de detergente en polvo. La aplicación se realizó cada 7 días en la mañana, esta tarea se repitió 3 veces.

#### **3.3.6. Poda de hojas**

Se realizó la poda de hojas amarillentas o con tonalidades pardas y hojas caducas con el fin de estimular a las plantas para que tengan un mayor desarrollo vegetativo, también para evitar posibles enfermedades por hongos, bacterias y virus.

#### **3.3.7. Poda de flores**

Se eliminó las primeras flores después del trasplante es para otorgar mayor vigor a la planta y también para la formación de hojas, se esperó que la planta de frutilla tenga 15 a 20 hojas compuestas que es esencial para la producción.

### 3.3.8. Cosecha

A los 3 meses del trasplante se obtuvieron las primeras cosechas, esta labor se efectuó por las mañanas en una canastilla y su clasificación fue en función al tamaño y calidad. A los frutos se les dejó el pedúnculo con longitud de 5 a 6 mm, cualquier inspección se hizo tomando el fruto del pedúnculo, los frutos cosechados se llevaron inmediatamente a un cuarto frío para su conservación.

### 3.4. Diseño experimental

El diseño que se utilizó fue DCA (Diseño Completamente al Azar), conformado por un total 16 unidades experimental es con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Para determinar las diferencias entre los tratamientos en estudio, se utilizó el programa SAS (System of Statistical Analysis), con una significancia de 5%.

Según Ochoa (2009), el modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta.

$\mu$  = Media poblacional.

$\alpha_i$  = Efecto de i-esimo de tratamiento de solución nutritiva

$E_{ij}$  = Error experimental

Para comparar las medias se utilizó la prueba de Duncan.

#### 3.4.1. Distribución de tratamientos

T1 = Florida Festival

T2 = Camino Real

T3 = Cama rosa

T4 = San Andreas

### 3.4.2. Croquis del área experimental

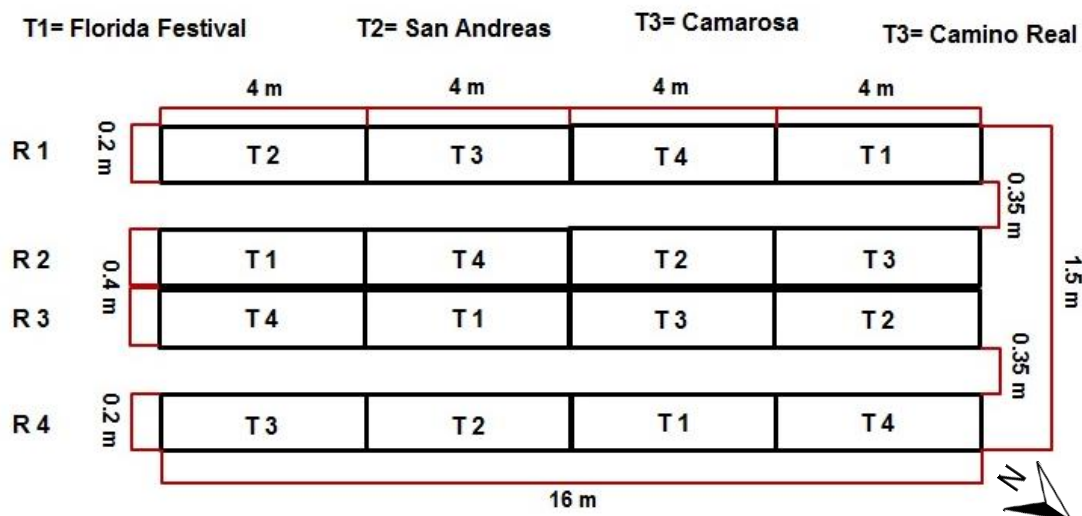


Figura 12. Croquis del experimento

### 3.5. Variables de respuesta

#### 3.5.1. Porcentaje de prendimiento

En esta variable se evaluó después de un mes del trasplante, cuantificando el número de plantas prendidas luego llevo a porcentaje.



Figura 13. Planta prendida exitosamente

### 3.5.2. Numero de hojas por planta

En esta variable se realizó el conteo de número de hojas por planta a partir del segundo mes del trasplante hasta la fase de floración, con la finalidad de observar la evolución de cada variedad.



**Figura 14. Numero de hojas en desarrollo**

### 3.5.3. Numero de flores por planta

En esta variable fue cuantificado el número de flores desde que la planta alcanzó 15 a 20 hojas compuestas o trifoliadas.



**Figura 15. Planta de frutilla en floración en sistema NGS**



### 3.5.4. Numero de frutos por planta

La cantidad de frutos emitidos en toda la fase de producción de cada planta de frutilla fue cuantificada desde la cosecha (agosto) hasta la culminación del trabajo de investigación.



**Figura 16. Planta de frutilla con fruto maduro**

### 3.5.5. Peso del fruto

En esta variable se pesó los frutos en una balanza precisión los datos fueron expresados en g/fruto.



**Figura 17. Peso del fruto en gramos**

### 3.5.6. Diámetro del fruto

En esta variable se realizó la medición del diámetro del fruto con un Vernier, sujetando al fruto del peciolo midiendo por la parte de mayor diámetro por cada tratamiento. Los datos se expresaron en centímetros



Figura 18. Fruto con un diámetro de 3.7 cm

### 3.5.7. Días a la cosecha

La cosecha se realizó cada 5 días en forma manual con la ayuda de una tijera, se cortó a una distancia de 1cm del pedúnculo.



Figura 19. Plantas de frutilla en sistema NGS

### 3.5.8. Rendimiento por tratamiento

Se pesó el total de frutos de frutilla por cada tratamiento y se extrapolo a toneladas por hectárea.



**Figura 20. Cosecha de frutos para el rendimiento**

### 3.5.9. Grados °Brix

Para medir la concentración de azúcares en el fruto, se determinó con un refractómetro, tomando los frutos al azar de cada tratamiento luego se promediaron los valores. Los datos se expresaron en grados °brix.



**Figura 21. Toma de datos con el refractómetro**

### 3.5.10. Análisis económico

La evaluación económica se realizó según el método de presupuestos parciales propuesto por el CIMMYT (1988), el cual se ajustó a las características de la presente investigación, el mismo se detalla en los siguientes incisos:

#### a) Ingreso bruto

El ingreso bruto se calculó para cada tratamiento, multiplicando el rendimiento ajustado por el precio de venta del producto.

$$IB = R * P$$

Dónde:

IB = Ingreso bruto.

R = Rendimiento.

P = Precio.

#### b) Ingreso neto

El ingreso neto se determinó restando el total de los costos de producción del ingreso bruto.

$$IN = IB - CP$$

Dónde:

IN = Ingreso neto.

IB = Ingreso bruto.

CP = Costo de producción.

#### c) Relación beneficio costo

Se realizó este cálculo relacionando el ingreso bruto con los costos de producción, para una evaluación económica final, de tal manera que una relación menor a 1 significa que se

tuvieron pérdidas y una relación superior a 1 significa que las actividades económicas fueron rentables.

$$\mathbf{B/C = IB / CP}$$

Dónde:

B/C = Beneficio costo.

CP = Costo de producción.

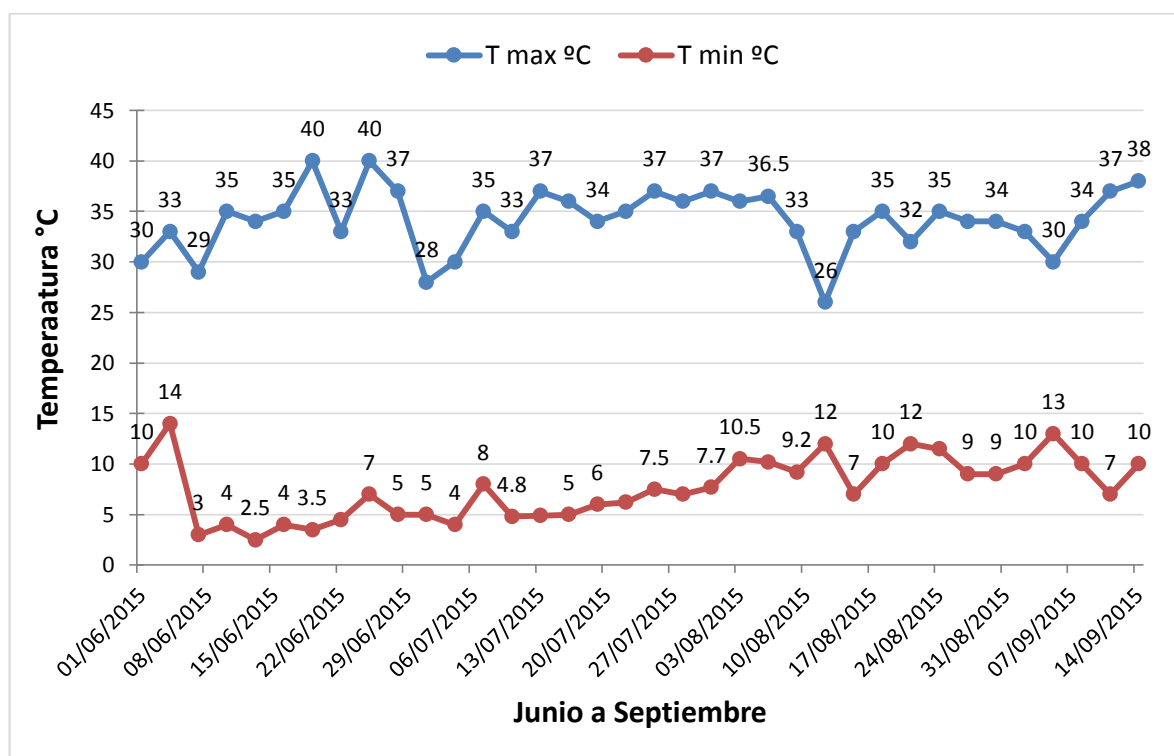
IB = Ingreso bruto

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Factores climatológicos

#### 4.1.1. Temperatura dentro del ambiente atemperado

La temperatura promedio registrada durante toda la etapa de estudio fue de 40 °C durante el mes de junio, la misma se muestra en la figura 22, las temperaturas más bajas se registraron en el mes de junio que llegó hasta 2.5 °C. Las altas temperaturas provocaron clorosis en el borde de algunas hojas, en cambio con las bajas no se observó ninguna influencia o perjuicio en el cultivo de frutilla.



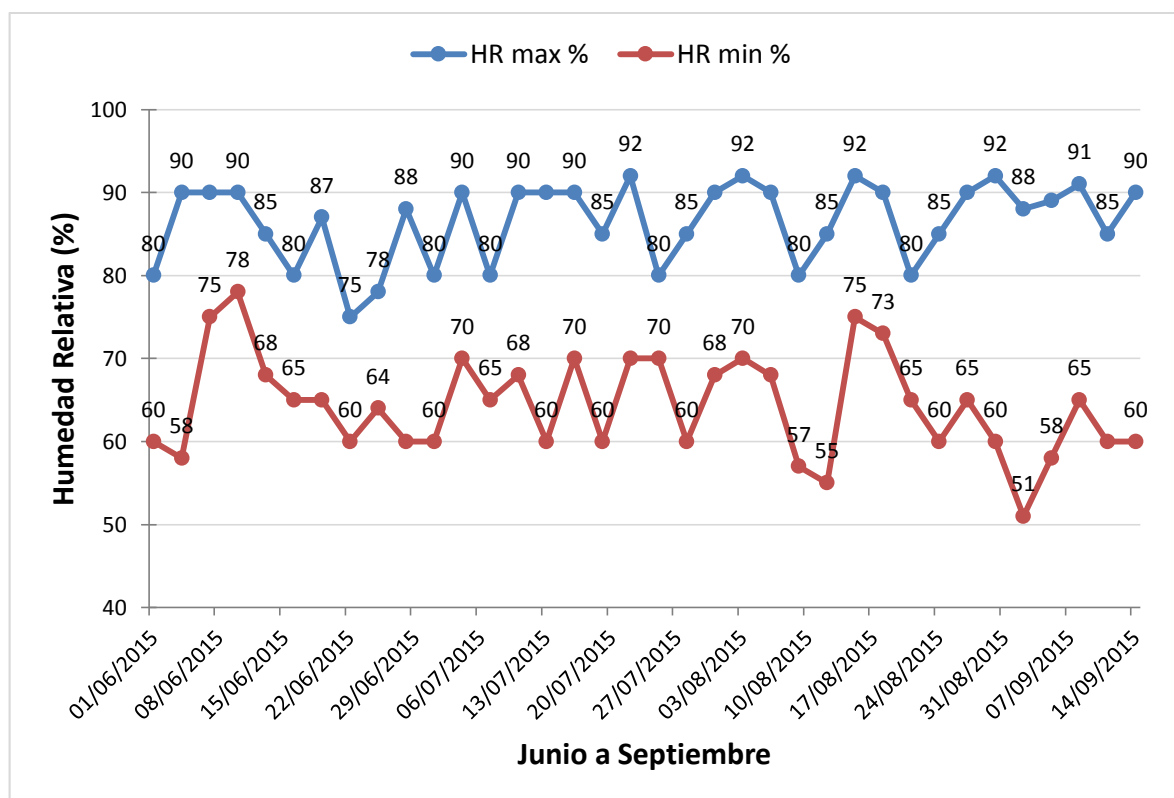
**Figura 22. Temperaturas máximas y mínimas durante el experimento.**

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 -0 °C, aunque los órganos florales quedan destruidos con valores algo inferiores a 0 °C. Al mismo tiempo son capaces de sobrevivir a temperaturas estivales de 55 °C y los valores óptimos para una fructificación adecuado se sitúan en torno a los 15-20 °C (INFOAGRO, 2010).



#### 4.1.2. Humedad relativa ambiental

En la figura 23, se observa las fluctuaciones de la humedad relativa ambiental dentro del invernadero, durante el desarrollo del cultivo. Se observó que la humedad variaba durante las primeras horas de la mañana y es cuando el termohigrómetro registraba una elevada concentración de humedad que llegaba algunas veces hasta 92%. Cuando llegaba a abrirse la entrada, gradualmente bajaba la humedad relativa hasta un 50% por las tardes.



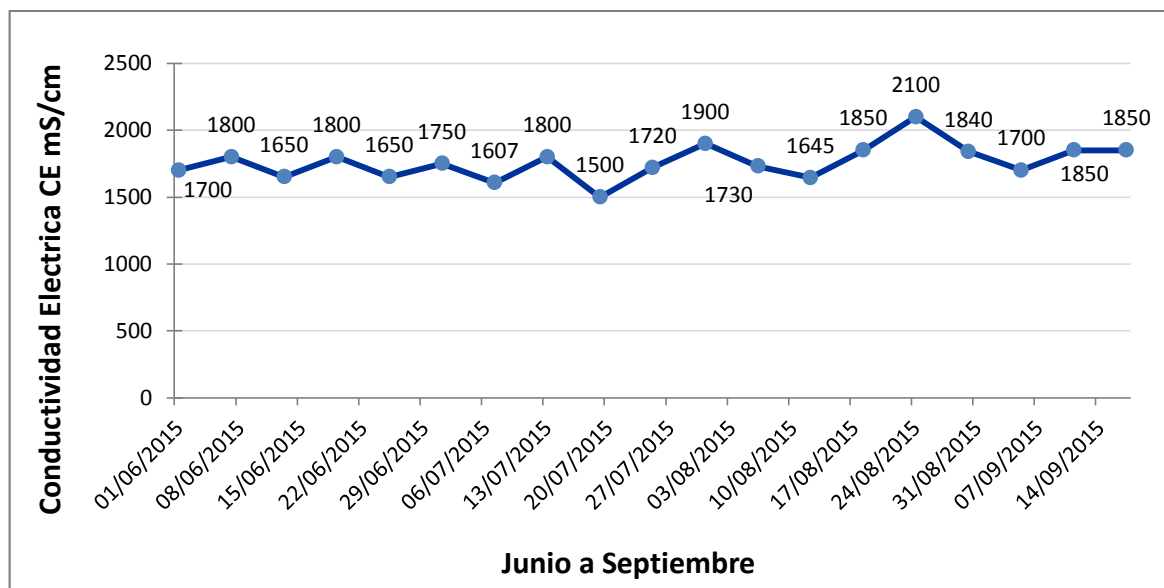
**Figura 23. Humedad relativa ambiental durante el ensayo**

Las recomendaciones de factor de temperatura actúan conjuntamente con la humedad relativa, ya que una alta humedad relativa mayor al 90% y una elevada temperatura con mal drenaje y mala aireación pueden resultar en la proliferación de hongos (FAO, 2001).

La humedad relativa más o menos adecuada para la producción de frutilla es de 60 y 75%, cuando es excesiva permite la presencia de enfermedades causadas por hongos, por el contrario, cuando es deficiente, las plantas sufren daños fisiológicos que repercuten en la producción, en casos extremos las plantas pueden morir (Lema, 2010).

### 4.1.3. Conductividad eléctrica

La figura 24, muestra que la conductividad eléctrica de la solución fluctúa en los rangos de 1607 a 2100 mS/cm, estos valores se encuentran en los rangos recomendados, las variaciones que existe posiblemente se deba a la temperatura del agua, estos datos se registraron en el momento de la preparación de la solución nutritiva, esta solamente tiene una duración aproximadamente de 15 días.



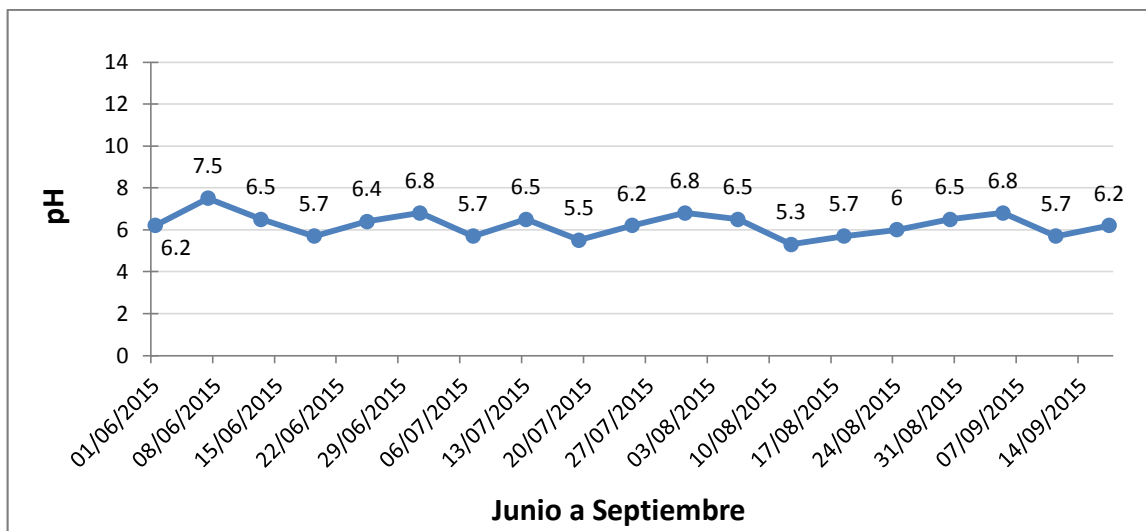
**Figura 24. Fluctuación de la conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica (CE) se define como la capacidad que tiene una solución de transportar o conducir electricidad por unidad de área. La CE se mide en mS/cm (donde S= Siemens (La unidad del sistema internacional para la conductancia)). Esta nos da una idea de la cantidad de sales disueltas en la solución. La misma se debe mantener en un rango de 1800 – 2300 mS/cm. Si no se mantiene este balance puede afectar la disponibilidad de los nutrientes (Andreau, 2015).

### 4.1.4. El pH

El pH se controló mediante el pH-metro, se trató de mantener el valor comprendido entre 5.5 a 6.5. Este intervalo permite la correcta asimilación de los nutrientes presentes en la solución nutritiva, puesto que los valores inferiores pueden causar daños en el sistema radicular y valores más altos disminuyen la asimilación de fósforo y algunos micronutrientes.





**Figura 25. Fluctuación de pH de la solución**

El pH tiene un efecto directo sobre la absorción iónica ya que las soluciones con pH mayores a 7.5 producen una baja absorción de  $\text{NO}_3$ , independientemente de la concentración de estos, ejerciendo un efecto similar sobre el ion fosfato, en cambio los descensos de pH restringen la absorción de  $\text{NH}_4$  y aumenta la de  $\text{NO}_3$ , las soluciones con pH menor a 4 disminuye la absorción de K. Los incrementos de pH en la solución nutritiva producen la precipitación de iones, como el Fe lo que impide la normal absorción de esta (Carbone, 2015).

El pH óptimo de la frutilla oscila entre 6 a 7 siendo el pH de 6.5 el recomendable para el desarrollo normal de este cultivo, otros autores consideran como optimo un pH entre 5 a 6.6 (INFOAGRO, 2013).

## 4.2. Variables agronómicas

Se tomó en cuenta las siguientes variables: porcentaje de prendimiento, número de hojas planta, número de flores por planta, días a la cosecha, número de frutos por planta, peso del fruto, diámetro del fruto, grados °brix, rendimiento.

### 4.2.1. Porcentaje de prendimiento

Según análisis de varianza (cuadro 6), existe diferencia estadística altamente significativa  $P = 0.0004$ , entre los tratamientos en estudio para la variable porcentaje de prendimiento.

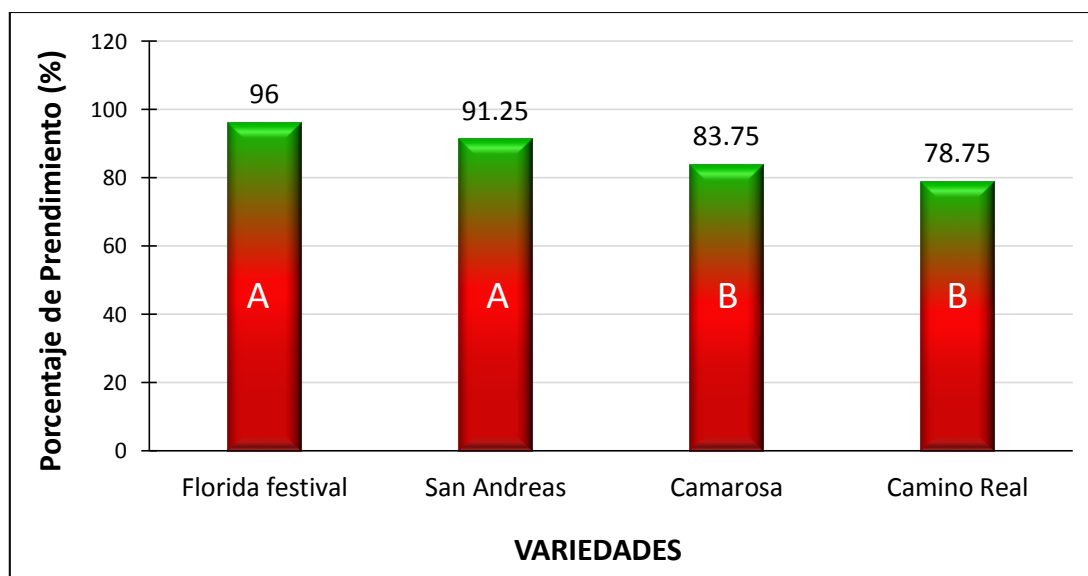
El coeficiente de variación fue de 4.86% lo que demuestra una confiabilidad en los datos tomados. El promedio general fue de 87.44 por ciento.

**Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable porcentaje de prendimiento**

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Variedad	3	707.69	235.90	13.09	0.0004 **
Error	12	216.25	18.02		
Total	15	923.94			
Promedio (%)		87.44			
CV (%)		4.86			

(\*\*) = Altamente significativo al 1%.

Según la comparación de medias de Duncan (figura 26), se observa que la variedad Florida Festival alcanzó un porcentaje de prendimiento de 96% seguido por la variedad San Andrea que está al 91.25% por lo tanto estadísticamente son similares, y las variedades Camarosa y Camino Real alcanzaron un 83.75%, 78.75% respectivamente, por tanto se puede decir que este grupo es menos resistente a los factores adversos. Se puede resaltar que las variedades Florida Festival y San Andrea tienen una rusticidad y resistencia por que pudieron sobrevivir casi en su totalidad dentro del ambiente atemperado, esta diferencia puede atribuirse al factor genético, ya que pudo adaptarse a cambios bruscos de temperatura, horas luz (fotoperiodo) entre otros.



**Figura 26. Efecto de los tratamientos de porcentaje de prendimiento comparación con pruebas de Duncan (5%).**

#### 4.2.2. Numero de hojas por planta

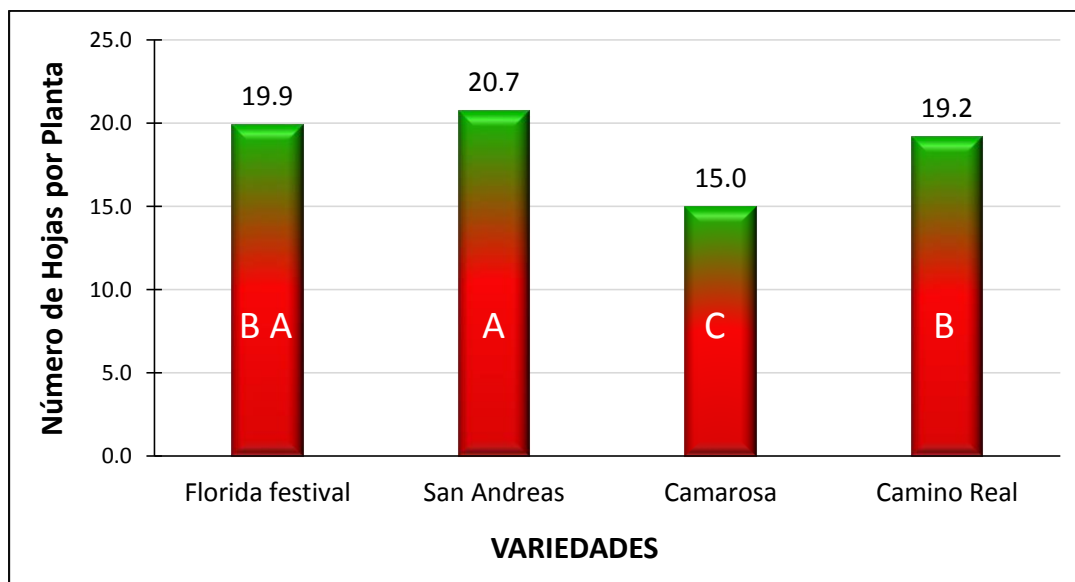
El análisis de varianza (cuadro 7), existe diferencia estadística altamente significativa  $P=0.0001$ , entre los tratamientos en estudio para la variable número de hojas por planta de frutilla.

**Cuadro 7. Análisis de varianza para numero de hojas por planta**

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Variedad	3	78.26	26.09	82.87	<.0001**
Error	12	3.78	0.31		
Total	15	82.03			
Promedio (Número)		18.71			
CV (%)		3.00			

(\*\*) = Altamente significativo al 1%.

El coeficiente de variación encontrada fue de 3%, indicando que hay una alta confiabilidad de los datos tomados por lo tanto significa que el trabajo fue manejada de manera adecuada. El promedio del número de hojas fue de 18.71.



**Figura 27. Prueba de Duncan del número de hojas en las variedades de frutilla**

De acuerdo a la figura 27, según la comparación de medias de Duncan se observa que la variedad San Andreas alcanzo 21 hojas, seguido por la variedad Florida Festival con 20

hojas y la variedad Camino Real se manifestó con 19 hojas, por último la variedad Camarosa tubo alrededor de 15 hojas. Según el número de hojas reportadas las variedades San Andreas y la Florida Festival entran antes en producción, seguidos por Camino Real y Camarosa, debido a que con mayor número de hojas la asimilación fotosintética es mayor y esta se realiza mediante las hojas lo repercute en el rendimiento.

Existe una alta correlación entre número de hojas y rendimiento. Las flores se forman a partir de yemas en las axilas de las hojas, por lo tanto dentro cuanto más hojas posee una planta, más flores se pueden formar y por lo tanto se tendrá mayor rendimiento, dada la importancia de las hojas, se deduce que cualquier daño a las mismas va a afectar el funcionamiento y rendimiento de la planta (Giménez, 2003).

El exceso de vigor de hojas provoca un ambiente muy húmedo lo que permite la proliferación de hongos debajo de las hojas. En ese momento es conveniente podar las hojas viejas para evitar la proliferación de enfermedades (Miserendino, citado por Copa 2010).

#### 4.2.3. Numero de flores por planta

Según análisis de varianza (cuadro 8), existe una diferencia altamente significativa  $P=0.0001$ , que indica que hay diferencias en la manifestación morfológica número de flores por planta cultivados en el sistema hidropónico bajo condiciones de ambiente atemperado. El Coeficiente de Variación fue de 8.24% lo que demuestra confiabilidad en los datos registrados. El promedio general de número de flores por planta fue de 2.67 flores por planta.

**Cuadro 8. Análisis de varianza para número de flores por planta**

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Variedad	3	12.39	4.13	85.36	<.0001**
Error	12	0.58	0.05		
Total	15	12.97			
Promedio (Número)		2.67			
CV (%)		8.24			

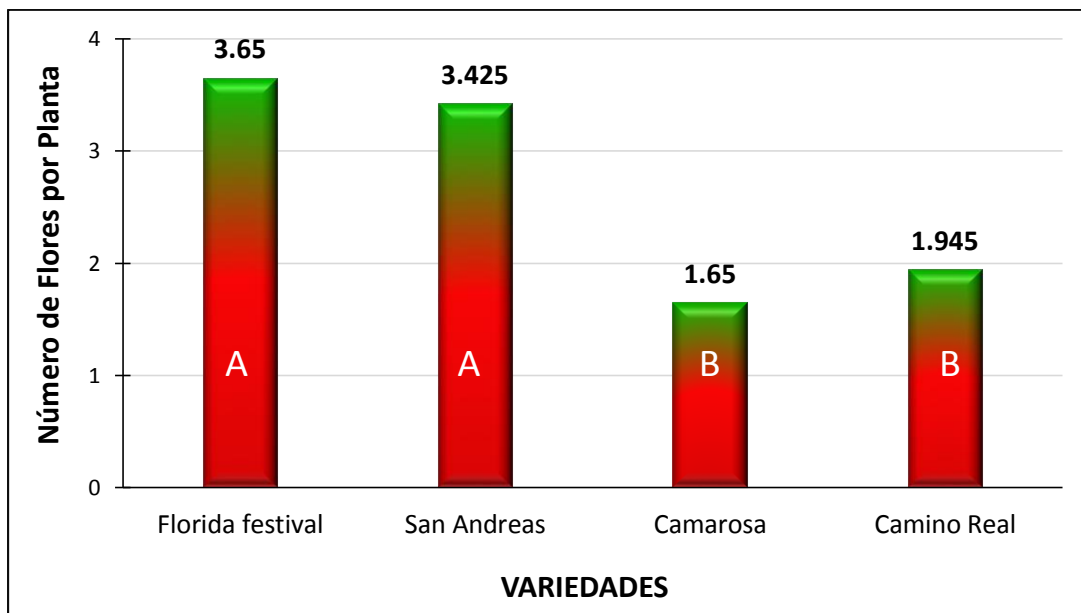
(\*\*) = Altamente significativo al 1%.

De acuerdo con la prueba de Duncan (figura 28), la variedad Florida Festival posee alrededor de 4 flores por planta seguido por San Andreas que posee 3 flores y se observa

que son estadísticamente similares. La variedad Camino Real posee 2 flores por planta seguido por la variedad Camarosa que cuenta con 2 flores, ambos tratamientos estadísticamente son iguales.

Martin del Molino & Rosón (1981), mencionan que hay una relación entre el crecimiento y los diferentes órganos que determinan la producción del fruto, se ha observado que el número de inflorescencias y flores es mayor cuando existe mayor número de hojas por planta, es decir las condiciones nutritivas que favorecen la emergencia de las hojas favorecen también la de las flores y viceversa. Lo anteriormente mencionado coincide con lo observado en el presente estudio.

Según Joublan & Vergara (2002), la frutilla cultivada bajo cubierta produce un mayor número de flores, principalmente debido a un incremento de las flores terciarias porque cada bráctea está terminada en una inflorescencia, además se observa que se produce un adelantamiento en la formación de flores por parte de las plantas que se encontraban bajo las cobertura.

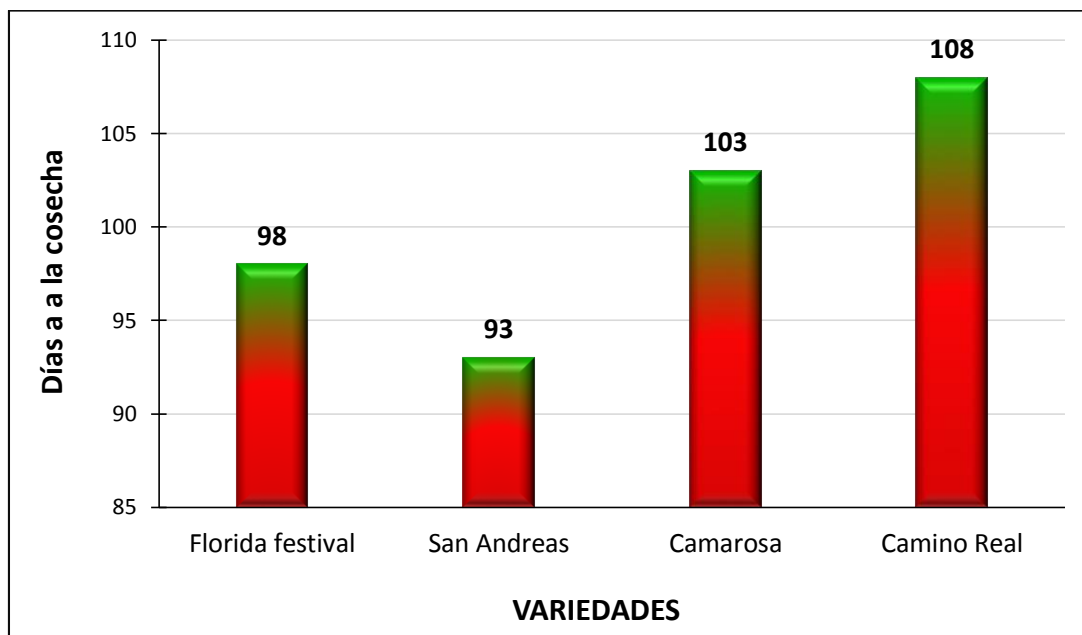


**Figura 28. Prueba de Duncan para número de flores por planta**

#### 4.2.4. Días a la cosecha

Generalmente en la frutilla para obtener una producción temprana se quiere que las variedades sean precoces, productivas y de larga conservación durante la post cosecha,

en este caso la variedad San Andrea entro en producción a los 93 días seguido por la variedad de Florida Festival que entro en producción a los 98 días, por lo tanto estas dos variedades citados son más precoces. La variedad Camarosa entro en producción a los 103 días seguido por la variedad Camino Real fue a los 108 días.



**Figura 29. Días a la cosecha en las 4 variedades de frutilla**

Como se puede observar en la figura 29, la variedad San Andreas es más precoz y la variedad Camino Real es más tardío, por otro lado el tiempo que entra en producción una variedad después de otra oscila entre 5 a 7 días.

En el sistema de cultivo sin suelo (sistema hidropónico) las plantas de frutilla tardan 90 días en estar listas para la cosecha. Es decir desde que son sembrados la planta tardara 3 meses hasta que los frutos estén listos para su recolección (Tapia, 2013).

#### **4.2.5. Numero de frutos por planta (NFrP)**

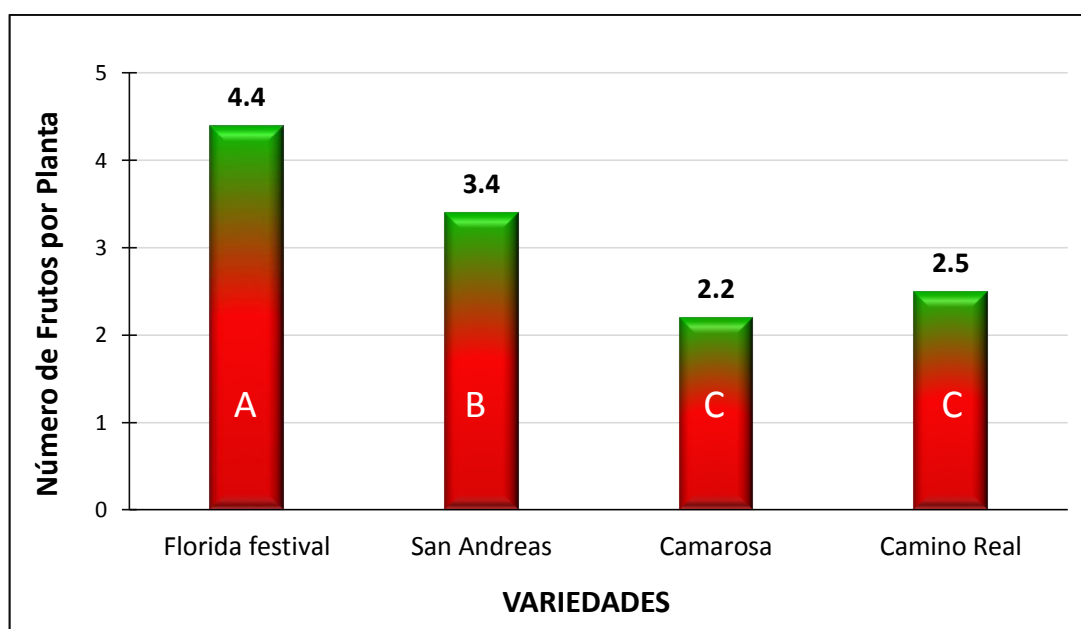
El análisis de varianza para la variable NFrP, presenta una diferencia estadística altamente significativa al  $P=0.0001$ , que expresa la diferencia entre las variedades en la característica número de frutos por planta. El coeficiente de variación encontrado fue de 6.91% lo que significa que el trabajo fue manejado de manera adecuada. El promedio general fue de 3.13 frutos por planta.

**Cuadro 9. Análisis de varianza de numero de frutos por planta**

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Variedad	3	11.790	3.930	84.21	<.0001**
Error	12	0.560	0.047		
Total	15	12.350			
Promedio (Número)		3.13			
CV (%)		6.91			

(\*\*) = Altamente significativo al 1%.

Los resultados obtenidos mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia de 5%; en esta variable se observa en la figura 30, donde se aprecia que la variedad Florida Festival fue el mejor en cuanto al número de frutos, seguido por la variedad San Andrea donde brindaron 3 frutos por planta. Siendo inferiores la variedad Camarosa y Camino Real alcanzando un promedio de 2.2 y 2.5 frutos por planta respectivamente.

**Figura 30. Prueba de Duncan para número de frutos por planta**

Martin del Molino & Rosón (1981), mencionan que el porcentaje de fructificación está relacionado principalmente con el desarrollo de la corona y de la raíz ya que las reservas acumuladas en estos órganos tienen una incidencia notable en la cantidad de flores que dan fruto es así que un desarrollo óptimo de estos órganos favorece la producción de fruto.

Lo mencionado por este autor del párrafo anterior condice con lo observado en el presente estudio, ya que se observó que las variedades (Florida festival y San Andreas) que presentaron mayor número de flores como se puede observar en la Figura 28, también presentaron mayor número de frutos.

Por otra parte Pinto (2008), afirma que el genotipo y las condiciones ambientales influyen en las características físicas y químicas de las frutillas. Además Joublan & Vergara (2002), señalan que hay una correlación positiva entre el rendimiento de frutos y la masa foliar.

#### 4.2.6. Peso de fruto (PF)

El análisis de varianza para la variable PF, presenta una diferencia estadística altamente significativa al  $P=0.0001$ , que expresa la diferencia entre las variedades en la característica peso de fruto.

El Coeficiente de Variación fue de 3.58% lo demuestra que existe una alta confiabilidad de los datos. El promedio general de peso en gramos presenta un valor de 6.87.

**Cuadro 10. Análisis de varianza de peso del fruto**

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Variedad	3	11.73	3.91	64.61	<.0001**
Error	12	0.73	0.06		
Total	15	12.45			
Promedio (gr)		6.87			
CV (%)		3.58			

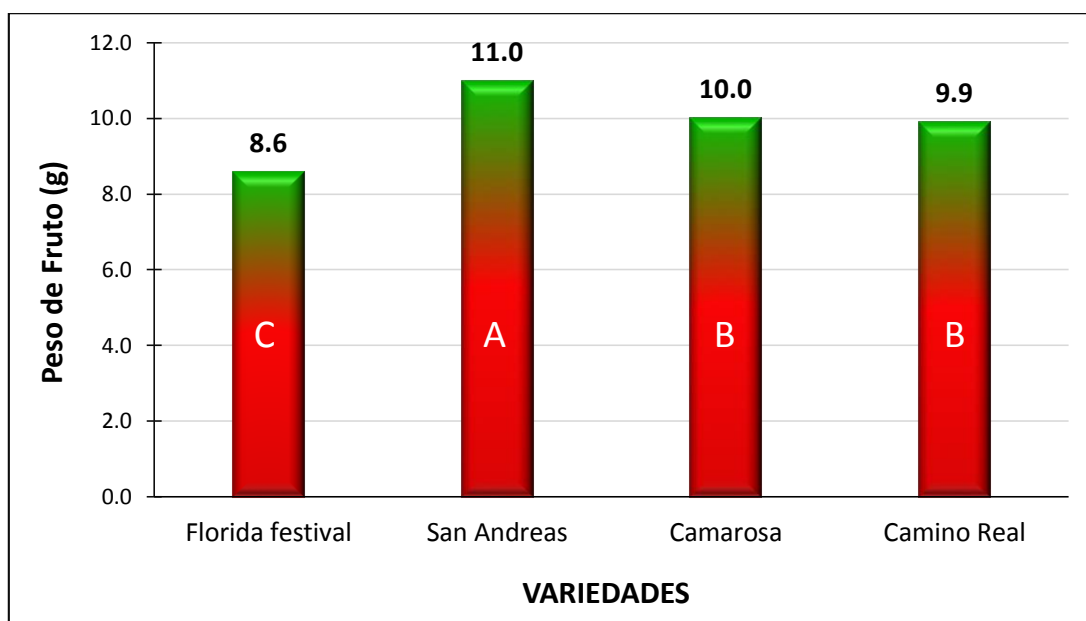
(\*\*) = Altamente significativo al 1%.

Los resultados obtenidos en la prueba de Duncan (figura 31), resalta a la variedad San Andreas con mayor peso llegando a 11.0 g, seguido por la variedad Camarosa con un peso de 10 g. y la variedad Camino Real con 9.9 g, estas dos últimas estadísticamente son iguales, con el peso más bajo esta la variedad Florida Festival (8.6 g), estos resultados podrían atribuirse a las características genéticas de cada variedad.

Villagrán (2001), menciona que el peso de fruto de la *Fragaria x ananassa* varían entre 20 a 30 gramos durante el pico producción; lo cual no coincide con los valores obtenidos en este estudio, esto podría deberse a que cuando se colectaron los frutos, las plantas no



habían llegado a desarrollarse completamente por tanto los frutos tampoco llegaron a su peso máximo.



**Figura 31. Prueba de Duncan de peso del fruto**

#### 4.2.7. Diámetro de fruto

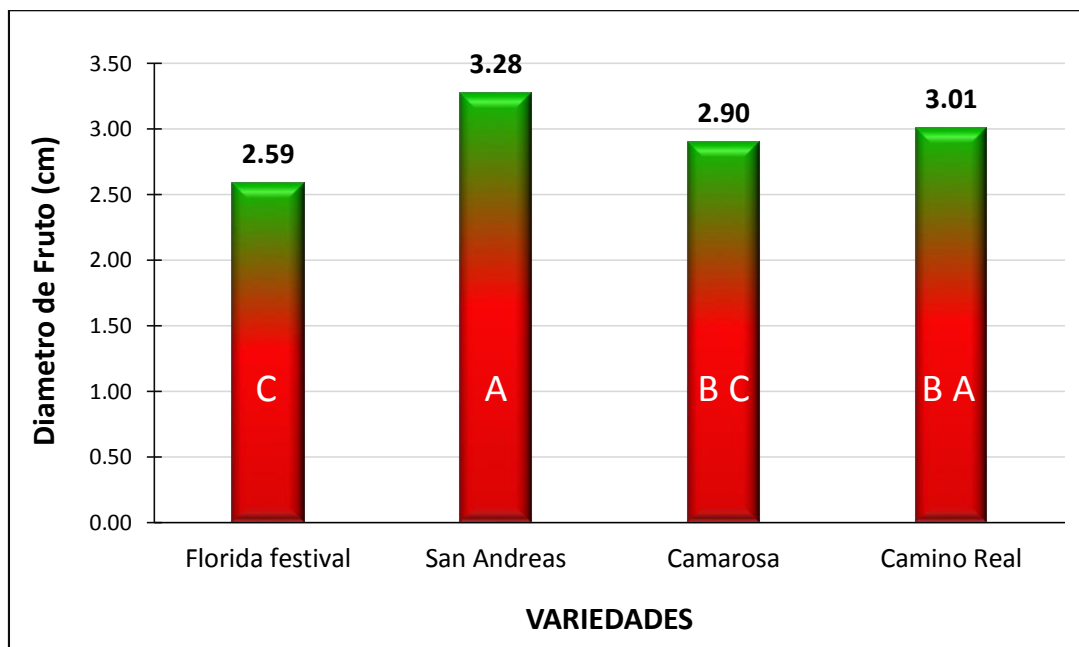
El análisis de varianza (Cuadro 11), para la variable diámetro de fruto, resaltan de que existe una diferencia altamente significativa  $P=0.00052$ , que indica que entre las variedades con respecto al diámetro de fruto. En cuanto al valor de Coeficiente de Varianza fue de 7.20% lo expresa la existencia de una confiabilidad de los datos obtenidos. El promedio general fue de 2.94 centímetros.

**Cuadro 11. Análisis de varianza de diámetro de fruto**

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Variedad	3	0.963	0.321	7.14	0.0052**
Error	12	0.540	0.045		
Total	15	1.503			
Promedio (cm)		2.94			
CV (%)		7.20			

(\*\*) = Altamente significativo al 1%.

Según la prueba de Duncan (Figura 32) a un nivel confianza de 5%, se destacan las variedades San Andreas y Camino Real con 3.2 y 3.01 centímetros respectivamente, estadísticamente son muy similares, en el segundo grupo está la variedad Camarosa con 3 centímetros seguido por la variedad Florida Festival con menor valor de 2.6 centímetros, esto podría atribuirse a las características genéticas de cada variedad.



**Figura 32. Prueba de Duncan de diámetro de fruto**

Nissen & Hoffmann (1998) reportaron que bajo distintos sistemas de riego los diámetros de la *Fragaria ananassa* Duch varían de 2.67 a 3.13 centímetros. Aunque el autor no estudio las variedades que se evaluaron en el presente ensayo los diámetros hallados en este coinciden con los resultados de los autores mencionados anteriormente.

Por otra parte Ramírez (2011) menciona que la disponibilidad de agua, las temperaturas nocturnas y diurnas y la intensidad de la luz están relacionadas con el tamaño del fruto de la fresa.

#### **4.2.8. Grados brix (°Brix)**

El análisis de varianza (Cuadro 12), para la variable diámetro de fruto, muestra que existe una diferencia altamente significativa  $P=0.0002$ , que indica que hay diferencias entre las variedades con respecto a los grados Brix. En cuanto al valor de Coeficiente de Variación

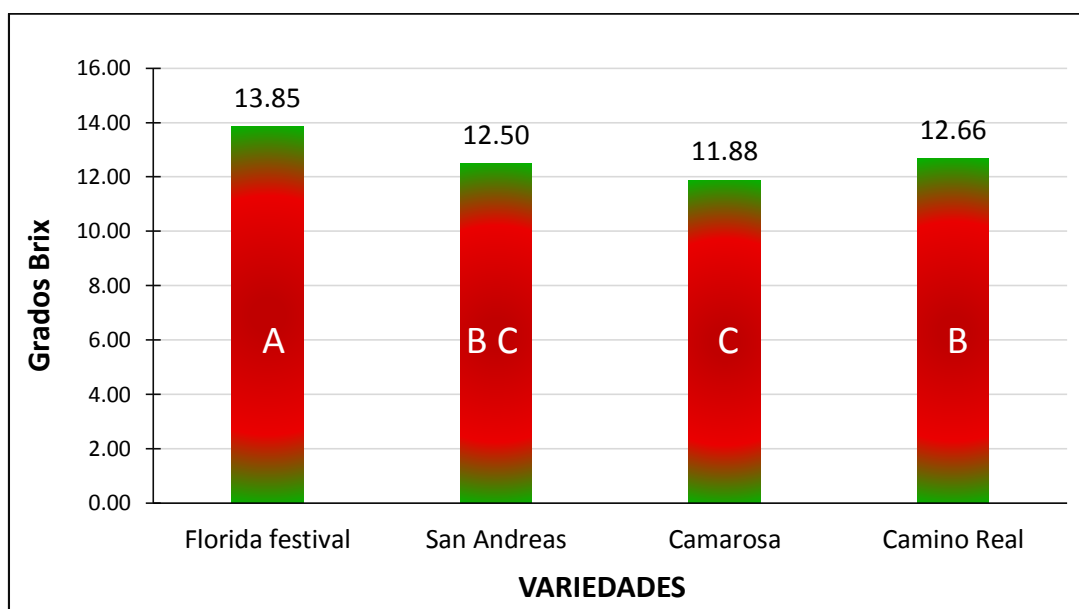
fue de 3.25%, este valor muestra que existe confiabilidad en los datos por tanto este experimento se manejó correctamente. El promedio del contenido de azúcar del fruto fue de 12.72 grados brix.

**Cuadro 12. Análisis de varianza para °brix**

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Variedad	3	8.126	2.709	15.8	0.0002**
Error	12	2.057	0.171		
Total	15	10.182			
Promedio (°Brix)		12.72			
CV (%)		3.25			

(\*\*) = Altamente significativo al 1%.

Según la prueba de Duncan (Figura 33), la variedad Florida Festival es superior en la dulzura ya que alcanzó los 13.8 °brix, seguido por la variedad Camino Real alcanzando los 12.6 grados brix, en cambio las variedades San Andreas y Camarosa se comportaron de forma similar y se registró 12.5 y 11.8 de grados brix respectivamente.



**Figura 33. Prueba de Duncan para °brix**

Lavin & Maureira, citado por Contreras (2002), reporta haber hallado que la *Fragaria ananassa* registraron valores cercanos a los 10 grados Brix. En el presente estudio se

hallaron valores superiores al mencionado por los anteriores autores, esto podría deberse a la aplicación de la solución nutritiva que contenía un alto nivel de potasio (K), nutriente que proporciona mayor nivel de azúcar al fruto.

En cuanto al nivel de dulzura Joublan & Vergara (2002), indican que la *Fragaria x ananassa* cultivada bajo cubierta puede llegar valores que oscilan entre 9.52 a 12.71 grados Brix.

Por otro parte Ramírez (2011), menciona que las fresas requieren de altos niveles de potasio para un buen tamaño, sabor, rendimiento y calidad de conservación de la fruta. En general una conductividad eléctrica (CE) de 2000 a 3000 mS/cm asegura un buen rendimiento y fruta de alta calidad.

#### 4.2.9. Rendimiento

El análisis de varianza (Cuadro 13), para la variable diámetro de fruto, muestra que existe una diferencia altamente significativa  $P=0.0001$ , que indica que hay diferencias entre las variedades con respecto al rendimiento. El Coeficiente de Variación fue de 2.49% lo que indica que los datos son confiables para este estudio. El promedio general llegó a 78.98 toneladas por hectárea.

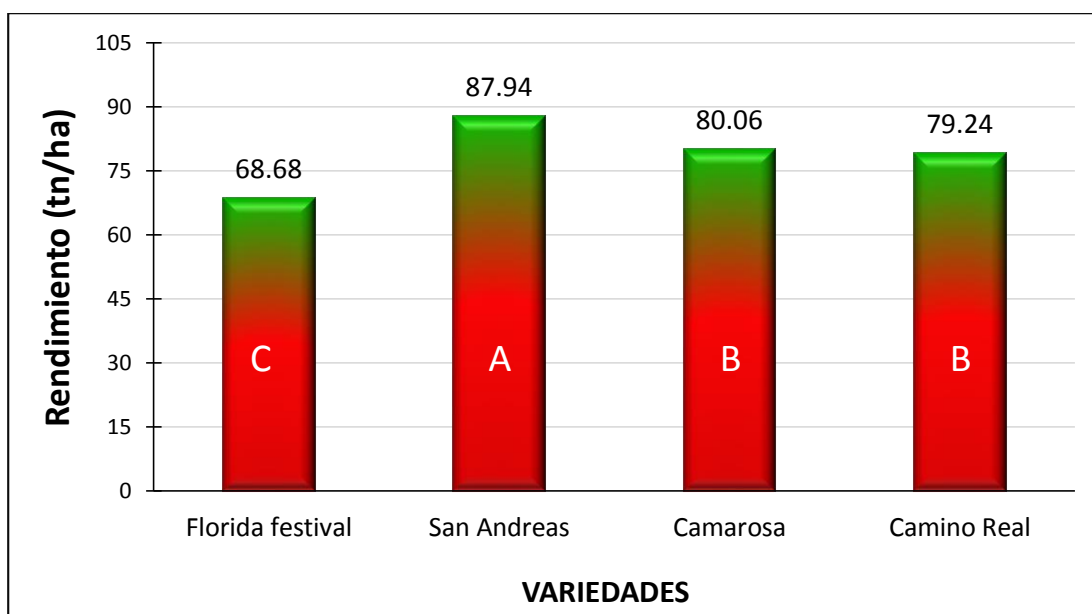
**Cuadro 13. Análisis de varianza del rendimiento**

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Variedad	3	750.422	250.141	64.61	<.0001**
Error	12	46.461	3.872		
Total	15	796.883			
Promedio (tn/ha))		78.98			
CV (%)		2.49			

(\*\*) = Altamente significativo al 1%.

La prueba múltiple de Duncan (figura 34), indica que el mayor rendimiento lo tiene la variedad San Andreas que alcanzó los 87.9 tn/ha, en cambio la variedad Camarosa tuvo un alcance de 80 tn/ha y muy similar resultado tuvo la variedad Camino Real que llegó a 79 tn/ha, la variedad Florida Festival rindió 68.6 tn/ha este fue el rendimiento más bajo. Estos resultados pueden atribuirse a la diferencia de tamaños de fruto y peso de cada variedad, la prueba más clara de esto es la variedad San Andreas que presentó grandes frutos y su peso fue mayor, seguido por la variedad Camarosa y Camino Real, por el contrario la

variedad Florida Festival exhibió mayor número de frutos por planta pero con menor peso, esta sería la razón de que se ubica en el último lugar en el rendimiento.



**Figura 34. Prueba de Duncan de rendimiento**

Ramírez (2011) indican que para que los frutos de fresa obtengan un buen tamaño y rendimiento demandan altos niveles de potasio con respecto a nitrógeno con un valor ideal en la relación de estos que va de 1 a 4. Al respecto se puede evidenciar en el presente estudio, un alto nivel de potasio aplicado en la solución nutritiva tiene un efecto positivo en el rendimiento.

Los rendimientos dependen de varios factores como la variedad y al manejo que se le haga al cultivo hidropónico, varían entre los 30 tn/ha a 144 tn/ha (Miserendino, 2007).

Tapia (2013), menciona que en Huelva (España) la fresa se cultiva en aproximadamente 7000 ha y de estas 350 son de cultivadas sin suelo. El sistema N.G.S., cuenta con plantaciones que se extienden en 300 ha en donde se cultiva sin suelo, exactamente en el este sistema (N.G.S.), el cultivo se practica de forma rustica y fácil de manejar, el rendimiento en este sistema es de 120 tn/ha frente a los 42 th/ha del sistema tradicional, es decir el rendimiento del cultivo en el sistema N.G.S., supera en 3 veces al tradicional.

Al respecto, en el presente estudio se hallaron resultados similares, pues las variedades San Andreas, Camarosa y Camino Real obtuvieron 87.9, 80.06 y 79.24 tn/ha en rendimiento

respectivamente, por lo tanto se puede afirmar que superaron al rendimiento del departamento de Santa Cruz (24 tn/ha) en 3 veces más por hectárea.

Salguero (2014), indica que el rendimiento en el departamento de Santa Cruz es de 24 tn/ha y el CIAT (2012), menciona que el rendimiento del departamento de La Paz oscila en un promedio de 4.2 tn/ha. También Dinamarca (2005), menciona que los rendimientos de frutilla en Chile por la adaptabilidad varían desde 12 a 50 tn/ha.

### 4.3. Variables económicas

#### 4.3.1. Análisis económico

La evaluación económica es considerada de mucha importancia debido a que nos proporciona información económica, tomando en cuenta desde la perspectiva del productor, para poder a dar a conocer los términos de rentabilidad.

#### 4.3.2. Rendimiento ajustado

Según el CIMMYT (1988), para ajustar el rendimiento se debe restar el 20%. Sin embargo en el presente experimento solo se restó el 10%, porque se consideró que la diferencia de rendimientos entre el productor y el estudio era menor, ya que este ajuste toma en cuenta la diferencia entre el tamaño de una parcela experimental y una parcela de producción, al mismo tiempo tomando en cuenta el manejo del cultivo.

**Cuadro 14. Calculo del rendimiento ajustado**

Tratamientos	Rendimiento Experimental (tn/ha)	Ajuste de 10%	Rendimiento Productor (tn/ha)	Rendimiento (Kg/ha)
F. Festival	68.6	6.86	58.6	58.600
San Andreas	87.9	8.79	79.11	79.110
Camarosa	80	8.00	72.00	72.000
Camino Real	79	7.90	71.10	71.100

En el cuadro 14 se observa que la variedad San Andreas registra el mayor rendimiento con el 79.110 kg/ha, seguidos por las variedad Camarosa y Camino Real con 72 y 71.1 kg/ha, el rendimiento más bajo fue de la variedad Florida Festival que tuvo 58.6 kg/ha. Estos

resultados demuestran se puede cultivar frutilla en condiciones del altiplano, siempre que se realice en un ambiente protegido.

#### 4.3.3. Ingresos netos

En el (cuadro 15), muestra los beneficios brutos, los valores de costo de producción por tratamiento, para obtener el ingreso neto y los costos de producción de frutilla se detallan en (anexo 4).

**Cuadro 15. Comparación de ingresos netos de las variedades**

Tratamientos	Rendimiento del Productor (Kg/ha)	Precio (20Bs/kg)	Ingreso bruto (Bs/ha)	costo producción (Bs/ha)	Ingreso neto (Bs/ha)
F. Festival	58.600	20	1,172.000	1,280.750.00	-108.750.00
San Andreas	79.110	20	1,582.200	1,280.750.00	301.450.00
Camarosa	72.000	20	1,440.000	1,280.750.00	159.250.00
Camino Real	71.100	20	1,422.000	1,280.750.00	141.250.00

#### 4.3.4. Relación beneficio/costo

Según el CIMMYT (1988), los resultados de la relación B/C, esta relación debe estar por encima de 1 para que exista ganancia, si es igual a 1 significa que no se gana ni se pierde, pero si es menor que 1 indica que existen perdidas. Los costos de producción se detallan en el (anexo 4).

**Cuadro 16. Relación beneficio costo de las variedades**

Tratamientos	Ingreso Bruto (Bs/m <sup>2</sup> )	costo de producción (Bs/año)	Ingreso Bruto (Bs/ha)	Costo Producción (Bs/ año)	Beneficio/Costo
F. Festival	2.812.80	3,073.80	1,172.000	1,280.750.	0.91
San Andreas	3.797.30	3,073.80	1,582.200	1,280.750.00	1.23
Camarosa	3.456.00	3,073.80	1,440.000	1,280.750.00	1.12
Camino Real	3.412.80	3,073.80	1,422.000	1,280.750.00	1.11

En el cuadro 16, se puede observar que los resultados en la mayoría de las variedades son mayores a la unidad, significa que se recupera la inversión y se obtienen ganancias. Se destaca la variedad San Andreas con un B/C de 1.23, seguidos por Camarosa y Camino Real con 1.12 y 1.11, respectivamente; y finalmente la variedad Florida festival presenta un valor de 0.91 significa por resultado de que no existen ganancias.



## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, permite llegar a las siguientes conclusiones:

- El cultivo de frutilla mostro tener buena adaptabilidad en el sistema hidropónico recirculante, en el ambiente atemperado en la parte del altiplano de nuestro país. Pues se demostró como alternativa para el productor, ya que se puede producir todo el año.
- En análisis de variables agronómicas, en el sistema hidropónico con la aplicación de la solución nutritiva, se mostró muy favorable en el desarrollo de las hojas, altura de planta, mayor número de flores y mayor rendimiento en cuanto al número de frutos después de la evaluación, la variedad Florida Festival fue superior. Con respecto al peso de fruto la Variedad San Andreas obtuvo frutos grandes y de mayor peso que llegaron hasta los 30 g en algunos frutos y con un diámetro de 3.5 cm. Las variedades Camarosa y Camino real son similares en la fructificación de 2 a 3 frutos de frutos por planta, con un peso promedio de 20 g. por fruto y con un diámetro de 3cm.
- En el rendimiento se hallaron los siguientes resultados de 87 tn/ha de la variedad San Andreas, 80 tn/ha de variedad Camarosa, 79 tn/ha de variedad Camino Real y 68.6 tn/ha de rendimiento de la variedad Florida Festival.
- En cuanto a los grados °brix, se comprobó que la variedad florida festival fue la que supero en dulzura a los demas con un promedio de 13.8, seguido por Camino Real y San Andreas con un promedio de 12.5 y Camarosa con 11.8 °brix.
- En cuanto a los costos de producción se obtuvo un B/C de 1.23 para la variedad San Andreas lo cual nos demuestra que de cada 1 Bs invertido se gana 0.23 Bs.
- Es importante aclarar el papel de la segunda carpa en la implementación del presente estudio ya que permitió producir frutilla en época invernal, con rendimientos considerables.

## 6. RECOMENDACIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se recomienda lo siguiente:

- Se sugiere, la elaboración de un programa de apoyo y orientación sobre las nuevas variedades de frutilla sobre su adaptabilidad en manejos hidropónicos en invernaderos. Es importante que la temática de producción de frutilla hidropónica sea tratada en la población para dar a conocer su adaptabilidad, producción en los sistemas hidropónicos.
- Por otra parte, se recomienda mayor investigación sobre el manejo y balanceo de nutrientes y su precisión de acuerdo de los requerimientos nutricionales de la frutilla, ya que por este tipo de estudios se determinaría el rendimiento en los diferentes pisos ecológicos.
- Estudiar nuevas variedades de frutilla que demuestren superioridad en los rendimientos, para alcanzar la máxima producción, es una meta del investigador y productor para el sostenimiento de la seguridad alimentaria.
- Estudiar la producción de frutilla en épocas de verano para determinar el rendimiento, debido a que las condiciones climáticas de esta época es adecuado a las necesidades de la frutilla.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Abdallah, A. F. 2015. Algunos Aspectos Sobre la Nutrición de Fresa Hidropónica. Costa Rica: Fittacori. 57p.
- Andreau, R. 2015. Cultivo en Hidroponía. De la Universidad de la Plata. 206p.
- Argollo, P. 2012. Gestión integrada de la araña roja *Tetranychusurticae* Koch. Tesis Doctoral, Valencia, España, UPV. p140.
- Barquero, J. 2007. Agrocadena de la Fresa: Manejo de la Plantación. Alajuela. 108p.
- Beltrano, J. 2015. Cultivos en Hidroponía. Buenos Aires, Argentina: Edulp. 78p.
- Boletín Económico. (2002). Estrategias Regionales de Competitividad por Rubro. Producción y Mercado de la Frutilla2002. JPDV, p10.
- Bures, C. 2007. Hidroponía. Montevideo, Uruguay: Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología Andes. 109p.
- Carbone, A. 2015. Cultivo en Hidroponía. De la Universidad de la Plata 123 p.
- Chiqui – Lema, 2010. Evaluación del Rendimiento en el Cultivo de Fresa Bajo Invernadero. Cuenca, Ecuador. 87p.
- CIAT, 2012. Feria Nacional de Frutilla. (J. L. Escobar) Recuperado el 15 de Septiembre de 2015, de [www.el día. com.bo](http://www.el día. com.bo)
- CIHNM, 2015. (Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral PE). Soluciones Nutritivas en Hidroponía. Lima. Perú, UNAM.
- Contreras, T. C. 2002. Evaluación agronómica de frutilla Silvestre Chilena (*Fragaria chiloensis* (L) Duch) en la localidad de San Pedro, región metropolitana. Tesis Lic Ing Agr, Talca, Chile, UTalca-FCA. 41 p.
- Darrow, M. 1996. The strawberry: History, breeding and Physiology. Nueva York,USA. 125p.

- Duran Ramírez, F. 2005. Manual de Cultivos Hidropónicos (Primera ed.). (G. L. S.A.S, Ed.) Colombia. 135p.
- Escobar, J. L. 2011. Evaluación de Tres Variedades de Frutilla con Aplicación de Fertiriego Relacionado a las Fases Fenológicas En Técnicas de Cultivos Verticales en Ambiente Atemperado. El Alto, Bolivia.
- Estrada, J. 2010. Ambientes Atemperados para la Agricultura Urbana y Periurbana. La Paz-Bolivia: FAO.
- EUROSEMILLAS. (2009). Variedades de Fresa. 20p.
- FAO 2009 Anuario de Producción de Producción de Frutilla 187p.
- FAO. 2001. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) Manual Técnico, Manejo Hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina, 68p.
- FAO. 2002. Los Fertilizantes y su Uso. FAO e IFA 4ta. Ed. Roma.
- Favela, E. 2006. Manual para Preparación de Solución Nutritiva. Torreón, Coahuilla. 87p.
- Fernández, Pérez, Mondragón J, C. (2010). Guía para Cultivar Frutos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.
- Flores, J. 1996. Carpas Solares, Técnicas de Construcción. La Paz- Bolivia: Huellas. 106p.
- Folquer, F. 1991. La Frutilla o Fresa: Estudio de la Planta y su Producción Comercial (2da. Edición ed.). Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur. 98p.
- Gilsanz C., J. 2007. Hidroponía. Montevideo, Uruguay: Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología Andes. 207p.
- Giménez, G. 2013. Identificación y Manejo de las Principales Enfermedades y Plagas en el Cultivo de Frutilla. Montevideo, Uruguay: Boletín de Divulgación Nro. 82.
- Guerena, M. 2007. Protectores del Suelo en el Cultivo de la Fresa. 109p.

- Gutiérrez - Reyes, O. R. 2012. Automatización de un Sistema Invernadero con Hidroponía. México.89p.
- INE. 2007. Instituto Nacional de Estadística. La Paz, Bolivia.
- INFOAGRO. (2013). El Cultivo de la Fresa. En Cañera de Comercio de Bogotá, 2010.
- INFOAGRO. 2010. <http://ww.infoagro.com>. Recuperado el 15 de 11 de 2015.
- Joublan, J. P.& Vergara, M. 2002. Desarrollo vegetativo y productivo de la frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.), utilizando una cubierta de agrotexil de diferentes densidades. Argentina, Agro sur, 31-1.Pag 37-47.
- Lema - Cumbe, M. L. 2010. Evaluación del Rendimiento en el Cultivo de Frutilla. Cuenca, Quito - Ecuador. 145p.
- López Aranda, J. 2009. La Industria de Frutilla en España. 3º Simposio Nacional sobre Pequeñas Frutas.
- López Medina, J. 2008. Nuevas Tecnologías En: La Fresa en Huelva. Huelva, España: Plasticulture Nro. 124p.
- Mantilla, P. A. 2010. Proyecto de Factibilidad para la Producción y Exportación de Fresa Hidropónica. Quito, Ecuador.132p.
- Martin delMolino, I. M. & Roson, J. A. 1981. Relaciones entre el crecimiento vegetativo y la producción de fruto de la planta de fresa. Salamanca, CSIC. p 215-222.
- Martínez - León, J. H. 2004. Producción de Fresa en Invernadero. Memoria del IV Simposio Nacional de Horticultura, 124p.
- Miserendino, E. 2007. Implantación del Cultivo Bajo Cubierta en Patagonia. Agricultura: Cosecha de Frutillas. Argentina. 98p.
- Moposita, E. 2011. ASERAGRO: Asesoría Agrícola.
- Nissen J. & Hoffmann, J. E. 1988. Evaluación de Cuatro Sistemas de Manejo Hídrico sobre la Producción de Frutilla (*Fragaria x ananassa* D.) en la zona de Valdivia. Agro sur, 26(2): 1-11 p.

- Pinto, M. S. 2008. Bioactivos y Cuantificación de Acidez en Frutillas (*Fragaria x Ananassa* Duch).
- Pombo, M. 2010 Irradiación de Frutilla con U.V. - C Efecto sobre la síntesis de proteína, degradación en la Pared Celular y Mecanismos de Defensa. Univ. San Martín, 12p.
- Ramírez, H. 2011. Sistema de Producción de Fresa de Altas Densidades. México 146p.
- Restrepo, J. 2001. Elaboración de Abonos Orgánicos: Experiencia con Agricultores de Mesoamérica y Brasil. San José, Costa Rica: IICA. 156p.
- Rodríguez - Posas, I. -F. 2011. Abonos Orgánicos. En P. y. Pronagro. Honduras. 178p.
- Salazar Ramírez, N. J. 2011. Efecto de Diferentes Conductividades Eléctricas de Soluciones Nutritivas en Sistema NFT sobre Producción y Calidad Organoléptica de Frutilla Chilena.p. 49p.
- Salguero, J. 2014. Producción de Frutilla en Comarapa, Sta. Cruz, Bolivia.
- Sánchez, C. 2004. Hidroponía Paso a Paso. Cultivos sin tierra. Lima, Perú: Ripalme. 56p.
- SERAGRO. 2007. Empresa y Servicio de Frutas y Hortalizas, Agrícola Llahuen. Paine .
- Sesma Abad, V. 2010. El Cultivo Hidropónico Mediante el Sistema N.G.S. Boletín Informativo.17p.
- Steiner, C. P. 2006. Manual para Preparación de Solución Nutritiva. En E. F. Chávez. Torreón, Coahuilla.
- Tapia Figueras, M. L. 2013. Características, ventajas y Desafíos de los Sistemas Hidropónicos Asociados a la Horticultura. Huelva: Vallenar.
- Villagrán Díaz, V. 2001. Agenda del Salitre. Capitulo XVIII, Frutilla Sociedad Química y Minera de Chile S.A. 1515 p.
- Villagrán Díaz, V. 2012. Frutilla, Consideraciones Productivas y Manejo. Boletín Nro. 252, 152.
- Villagrán, V. 2005. Como cultivar frutillas, Manual Agrícola Llahuen. Santiago, Chile. 78p.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Análisis físico químico del agua



IBTEN

## MINISTERIO DE EDUCACION

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

## ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGUAS

INTERESADO : VICTOR PAYE HUARANCA  
PROCEDENCIA : Dpto. LA PAZ, Pvcia. INGAVI,  
comunidad KALLUTAKA

NUMERO DE SOLICITUD : 023 / 2011  
FECHA DE RECEPCION : 20 / Enero / 2011  
FECHA DE ENTREGA : 14 / Febrero / 2011

DESCRIPCIÓN : Muestra de agua CEK

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
041-01 /2011	pH	6,34	-	Potenciometría
041-02 /2011	Conductividad eléctrica	0,201	mS/cm	Potenciometría
041-03 /2011	Sodio	9,11	mg / L	Flamometría
041-04 /2011	Potasio	3,73	mg / L	Flamometría
041-05 /2011	Calcio	16,35	mg / L	Absorción atómica
041-06 /2011	Magnesio	6,20	mg / L	Absorción atómica
041-07 /2011	Cloruros	16,43	mg / L	Método argentométrico
041-08 /2011	Carbonatos	0,00	mg / L	Volumetría
041-09 /2011	Bicarbonatos	64,43	mg / L	Volumetría
041-10 /2011	Sulfatos	20,35	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible
041-11 /2011	Boro	0,52	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible
041-12 /2011	Hierro	2,17	mg / L	Fluorescencia de Rayos X
041-13 /2011	Manganeso	0,12	mg / L	Fluorescencia de Rayos X
041-14 /2011	N total	0,85	mg N / L	Espectrofotometría UV-Visible
041-15 /2011	P total	0,17	mg P / L	Espectrofotometría UV-Visible
041-16 /2011	Nitratos	0,51	mg N / L	Espectrofotometría UV-Visible
041-17 /2011	Amonio	0,09	mg N / L	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES.-



RESPONSABLE DE LABORATORIO  
JORGE CHUNGARA C.

**Anexo 2. Promedios de las variables de respuesta**

TRAT	REP	PP	NHP	NFP	NFrP	PF (g)	DF (cm)	GB (°Brix)	Rdto (tn/ha)
F. Festival	1	98	19.9	4.0	4.1	8.60	2.53	13.8	68.80
San Andreas	1	95	20.1	3.6	3.4	11.35	3.52	13.2	90.80
Camarosa	1	80	14.3	1.9	2.0	9.81	3.11	11.4	78.48
Camino Real	1	75	19.1	1.9	2.3	10.02	2.94	12.7	80.16
F. Festival	2	95	19.1	3.8	4.6	8.44	2.59	13.9	67.52
San Andrea	2	90	21.0	3.2	3.2	10.98	3.19	12.2	87.84
Camarosa	2	80	15.7	1.4	2.4	10.07	2.95	11.6	80.56
Camino Real	2	85	19.9	1.9	2.6	9.76	2.98	12.4	78.08
F. Festival	3	94	20.1	3.4	4.2	8.97	2.77	14.0	71.76
San Andreas	3	85	21.2	3.6	3.4	10.62	2.93	12.5	84.96
Camarosa	3	90	14.7	1.8	2.4	9.82	3.04	11.8	78.56
Camino Real	3	80	19.2	2.0	2.6	9.98	2.93	13.0	79.84
F. Festival	4	97	20.5	3.4	4.7	8.33	2.48	13.7	66.64
San Andreas	4	95	20.8	3.3	3.6	11.02	3.47	12.1	88.16
Camarosa	4	85	15.3	1.5	2.0	10.33	2.50	12.7	82.64
Camino Real	4	75	18.6	2.0	2.5	9.86	3.18	12.5	78.88



### Anexo 3. Costo total del manejo del cultivo de frutilla hidropónica

Nº	MATERIALES	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
1	Hierros de 7mm	30	pieza	5.50	165.00
2	Material de multi-banda plástica	30	metros	12.00	360.00
3	Bomba de impulsión	1	Pieza	1.200	1.250
4	Tubos PVC	1	Pieza	70.00	70.00
5	Cinta de goteo	4	Piezas	21.00	84.00
6	Tanque de almacenamiento	1	Pieza	50.00	50.00
	Troncos	24	Unid.	3.00	72.00
9	Codos PVC	6	Unid.	4.00	24.00
	Tubo de desagüe	1	Unid.	30.00	30.00
10	Válvula de retención	1	Unid.	50.00	50.00
	<b>INSUMOS</b>				
11	Plantines de fresa 4 variedades	300	Unid	2.00	600.00
	Solución nutritiva	10	m <sup>3</sup>		500.00
12	Imprevistos 10%				350.00
19	<b>Total Bs.</b>				<b>3,600.00</b>

Gastos operativos para la investigación (Expresado en Bolivianos)

### Anexo 4. Costos de producción para un año

Nº	MATERIALES	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total	Vida útil/años	Depreciación del activo
1	<b>COSTOS FIJOS</b>						
	Ambiente atemperado	m2	200	65	13000	8	1625
2	Hierros de 7mm	piezas	30	5.5	165	8	37.5
3	multi-banda plástica	metros	20	12	240	3	80
3	Bomba de impulsión	Pieza	1	1.2	1.2	5	240
4	Tubos PVC 1" 1/2	Pieza	1	60	60	8	7.5
5	Cinta de goteo 10 cm	metros	60	1.2	72	3	24
6	Tanque de solución	Litros	200	100	100	5	20
	Troncos de 2" * 2.5 mts.	Unid.	24	3	72	3	24
9	Codos y Tés PVC de 1"	Unid.	6	4	24	5	4.8
	Tubo de desagüe	Unid.	1	30	30	5	6
10	Válvula de retención	Unid.	1	50	50	2	25
	<b>COSTOS VARIABLES</b>						
11	Plantines de frutilla	300	Unid	1.5	450	1	450
	Solución nutritiva	10	m <sup>3</sup>		250	1	500
12	Insecticida 20ml	ml	1	30	30	1	30
19	<b>Total Bs.</b>				<b>15,743.00</b>		<b>3,073.80</b>

**Anexo 5. Recolección de sustrato en el Centro experimental Kallutaca****Anexo 6. Desinfección de los plantines de frutilla**

Ing. MSc., Víctor Paye Asesor de Tesis



**Anexo 7. Primeras hojas verdaderas de las frutillas en el sistema****Anexo 8. Plantas con un promedio de 10 hojas y plantas con un promedio 15 hojas**

**Anexo 9. Plantas en floración**



**Anexo 10. Plantas en fructificación**





**Anexo 11. Frutillas en fructificación en el sistema N.G.S.**



**Anexo 12. Variedad San Andreas y Florida Festival**



**Anexo 13. Camino Real y Camarosa**



Anexo 14. Frutillas colectadas del sistema hidropónico N.G.S.

