

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE TRES
VARIEDADES DE FRUTILLA (*Fragaria x ananassa*), BAJO EL
SISTEMA HIDROPÓNICO NFT (Nutrient Film Technique), EN
CARPA SOLAR, EN LA CIUDAD DE EL ALTO, DEL
DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

Por:

Erika Condori Mendoza

EL ALTO – BOLIVIA

Octubre, 2024

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

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE TRES VARIEDADES DE
FRUTILLA (*Fragaria x ananassa*), BAJO EL SISTEMA HIDROPÓNICO NFT (Nutrient
Film Technique), EN CARPA SOLAR, EN LA CIUDAD DE EL ALTO, DEL
DEPARTAMENTO DE LA PAZ.**

*Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniera Agrónoma*

Erika Condori Mendoza

Asesor:

M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez

Tribunal Revisor:

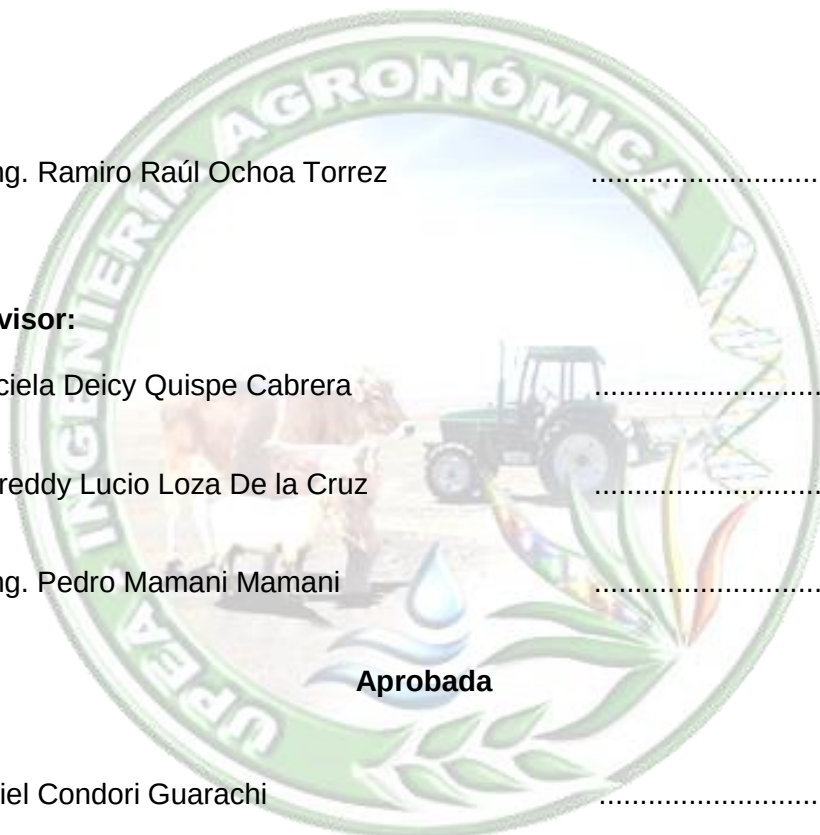
Lic. Ing. Graciela Deicy Quispe Cabrera

M. Sc. Lic. Freddy Lucio Loza De la Cruz

M. Sc. Lic. Ing. Pedro Mamani Mamani

Aprobada

Lic. Ing. Daniel Condori Guarachi



DEDICATORIA:

A Dios por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en todo momento, la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar esta investigación.

A mis Padres Francisca Mendoza y Policarpio Condori que son mi fuerza para seguir adelante.

A mis hermanos y hermanas quienes me dieron su apoyo y compañía.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecer a Dios por ser mi guía y protector de mi vida por su infinita misericordia, que fue posible alcanzar un logro más en el transcurso de mi vida.

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

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

Agradecer a mi asesor M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, que me brindó su apoyo incondicional con sus conocimientos para estructurar este trabajo de investigación y por los buenos momentos compartidos.

Al tribunal revisor Lic. Ing. Graciela Deicy Quispe Cabrera, M. Sc. Lic. Freddy Lucio Loza de la Cruz y M. Sc. Lic. Ing. Pedro Mamani Mamani por sus contribuciones y sugerencias que fueron importantes para la realización de este trabajo de investigación.

A mi hermano Richard Condori que siempre me apoyo, a mis hermanos Celso, Maguiver y Luis, también a mis hermanas Sonia, Monica, Maribel, Jhenny y a mi cuñada Leticia Quispe, también a Daniel Quispe, por todo el apoyo brindado en cada momento para alcanzar mi propósito.

A todos mis amigos que siempre me brindaron su amistad y apoyo que perdurara por siempre.

CONTENIDO

CONTENIDO	i
ÍNDICE DE TEMAS	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vi

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos	2
1.4. Objetivo General.....	2
1.5. Objetivos Específicos	3
1.6. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Descripción de la frutilla.....	4
2.1.1. Principales productores en el mundo	4
2.1.2. Variedades de frutilla	5
2.1.2.1. San Andrea	5
2.1.2.2. Sabrina.....	6
2.1.2.3. Monterrey	6
2.1.3. Cultivo de frutilla en Bolivia.....	6
2.1.4. Carpa solares para el cultivo	7
2.1.5. Clasificación sistemática.....	7
2.1.5.1. Descripción morfológica de la frutilla	7
2.1.5.1.1. Semilla	8
2.1.5.1.2. Raíz.....	8
2.1.5.1.3. Corona	8
2.1.5.1.4. Hojas.....	8
2.1.5.1.5. Flores e inflorescencia.....	9
2.1.5.1.6. Fruto.....	9
2.1.6. Requerimiento nutricional de la frutilla	9
2.1.7. Hidroponía.....	10

2.1.7.1.	Sistema NFT (Técnica de película de nutriente)	10
2.1.8.	Ventajas del sistema NFT (Técnica de película de nutriente)	10
2.1.9.	Densidad de siembra de frutilla hidropónica	11
2.1.10.	Uso de fertilizantes.....	11
2.1.11.	Requerimientos de pH y conductividad eléctrica	11
2.1.11.1.	pH.....	11
2.1.11.2.	Conductividad eléctrica.....	11
2.1.12.	Requerimientos edafoclimáticos.....	12
2.1.12.1.	Clima	12
2.1.12.2.	Temperatura.....	12
2.1.12.3.	Humedad relativa	12
2.1.13.	Enfermedades y plagas.....	12
3.	LOCALIZACIÓN	14
3.1.	Ubicación Geográfica	14
3.2.	Características Ecológicas.....	14
3.2.1.	Clima	14
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
4.1.	Materiales.....	15
4.1.1.	De estudio	15
4.1.2.	De campo	15
4.1.3.	De gabinete	15
4.2.	METODO.....	16
4.3.	Metodología.....	16
4.3.1.	Procedimiento experimental	16
4.3.1.1.	Características de la carpa solar.....	16
4.3.1.2.	Construcción del sistema NFT	16
4.3.1.3.	Sistema de riego.....	17
4.3.1.4.	Preparación de la solución nutritiva	19
4.3.1.5.	Trasplante de las frutillas.....	21
4.3.1.6.	Control de plaga	22
4.3.1.7.	Poda de hojas.....	22
4.3.1.8.	Poda de flores	22
4.3.1.9.	Cosecha	23
4.3.2.	Diseño Experimental.....	23
4.3.3.	Los tratamientos en estudio:.....	23
4.3.4.	Croquis Experimental	23

4.3.5.	Variables de Respuesta.....	24
4.3.5.1.	Número de hojas por planta.....	24
4.3.5.2.	Número de flores por planta	25
4.3.5.3.	Número de frutos por planta	25
4.3.5.4.	Peso del fruto	26
4.3.5.5.	Diámetro del fruto	27
4.3.5.6.	Rendimiento	27
4.3.6.	Relación beneficio costo	28
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
5.1.	Variables Agronómicas.....	29
5.1.1.	Número de hojas por planta.....	29
5.1.2.	Numero de flores por planta	30
5.1.3.	Numero de frutos por planta	31
5.1.4.	Peso de fruto	33
5.1.5.	Diámetro de fruto	34
5.1.6.	Rendimiento	36
6.	Variables económicas.....	37
6.1.	Relación beneficio/costo	37
7.	CONCLUSIONES	39
8.	RECOMENDACIONES.....	40
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
10.	ANEXOS	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Principales productores en el mundo.....	5
Cuadro 2.	Clasificación sistemática de la frutilla.....	7
Cuadro 3.	Formulación de solución nutritiva para el cultivo de frutilla.....	9
Cuadro 4.	Primera fórmula para la adaptación del cultivo, con una conductividad eléctrica de 1300mS/cm	20
Cuadro 5.	Segunda fórmula para el desarrollo y fructificación, con una conductividad eléctrica de 1800mS/cm	21
Cuadro 6.	Análisis de varianza para número de hojas por planta.....	29
Cuadro 7.	Análisis de varianza para número de flores por planta.....	30
Cuadro 8.	Análisis de varianza para número de frutos por planta	32
Cuadro 9.	Análisis de varianza del peso de fruto	33
Cuadro 10.	Análisis de varianza del diámetro de fruto	35
Cuadro 11.	Análisis de varianza del rendimiento.....	36
Cuadro 12.	Relación beneficio costo de las variedades	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Morfología de la frutilla Miserendino (2007).....	8
Figura 2.	Ubicación geográfica (Google Earth, 2023).....	14
Figura 3.	Construcción del sistema hidropónico	17
Figura 4.	Tanque de almacenamiento de la solución nutritiva	18
Figura 5.	Distribución de la conexión de la recirculación de agua	18
Figura 6.	Componentes de riego automatizado	19
Figura 7.	Medición del pH y Conductividad eléctrica	19
Figura 8.	Plántulas de frutilla.....	22
Figura 9.	Croquis experimental del DBCA.....	24
Figura 10.	Numero de hojas en desarrollo de la frutilla.....	25
Figura 11.	Floración de la planta de frutilla	25
Figura 12.	Planta de frutilla con fruto en desarrollo.....	26
Figura 13.	Peso del fruto en gramos.....	26
Figura 14.	Diámetro del fruto de la planta de frutilla.....	27
Figura 15.	Plantas de frutilla en el sistema NFT	27
Figura 16.	Prueba de Duncan del número de hojas entre variedades.....	29
Figura 17.	Prueba de Duncan para número de flores por planta entre variedades	31
Figura 18.	Prueba de Duncan de numero de frutos por planta entre variedades	32
Figura 19.	Prueba de Duncan del peso de fruto entre variedades	34
Figura 20.	Prueba de Duncan del diámetro de fruto entre variedades	35
Figura 21.	Prueba de Duncan del rendimiento (t/ha) entre variedades	36

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Análisis físico y químico de agua.....	44
Anexo 2.	Costo total del manejo del cultivo de frutilla hidropónica	45
Anexo 3.	Fruto de la frutilla variedad San Andrea	45
Anexo 4.	Fruto de la variedad Sabrina	46
Anexo 5.	Fruto de la variedad Monterrey	46
Anexo 6.	Tanque de almacenamiento de la recirculación de agua.....	46
Anexo 7.	Colecta de las plántulas de frutilla.....	47
Anexo 8.	Plantulas de frutilla.....	47
Anexo 9.	Trasplante de las plantulas de frutillas al sistema hidroponico	48
Anexo 10.	Desarrollo de las plantas de frutilla	49
Anexo 11.	Floración de las plantas de frutilla.....	50
Anexo 12.	Frutos en formación.....	50
Anexo 13.	Colecta de los frutos de frutilla.....	51

ABREVIATURAS

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
Zn	Zinc
N	Nitrógeno
Na	Sodio
O	Oxígeno
P	Fósforo
S	Azufre
NFT	Nutrient Film Technique
t	Tonelada
ha	Hectárea

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Distrito 3 en la ciudad de El Alto, del departamento de La Paz. La finalidad fue evaluar las características agronómicas de tres variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa*), como: Sabrina, Monterrey y San Andrea, en un sistema recirculante según la 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.F.T. (Nutrient Film Technique), el cual es un sistema de cultivo recirculante que permite cultivar una amplia variedad de especies incluyendo todas las hortalizas de importancia económica. El agua recircula por todo el sistema hidropónico, al mismo tiempo, el agua no absorbida por el cultivo es conducida al lugar de almacenamiento de partida para su reutilización. En la producción de Frutilla en nuestro país principalmente en el altiplano se va presentando dificultades en la producción por las características climáticas, aun cuando tienen una capacidad de soportar temperaturas bajas hasta 3°C bajo cero además que requiere ciertos nutrientes que en el suelo del altiplano es escaso. Con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de Frutilla (*Fragaria x ananassa*), bajo el sistema hidropónico NFT en la ciudad de El Alto. El método que se empleo fue experimental, enfoque es de tipo de investigación cuantitativo, porque describe y evalúa los factores productivos de las variables, el tipo de investigación es experimental con el diseño de bloques completos al azar, prueba de medias Duncan, la población conformada por 90 plantines con un muestreo probabilístico de 6 plantines por tratamiento, para la sistematización de datos se utilizó 2 etapas el primero; observación para el comportamiento y desarrollo de los plantines que fueron traídos de Perú, trasplantados a los tubos con soporte de vasos y el segundo; las planillas para la toma de datos, para la sistematización se utilizó el programa INFOSTAT y la presentación de resultados en tablas de ANVA, histogramas, cuadros de medias y figuras. Los resultados por siguientes tratamientos, en este estudio se evaluó: Número de hojas se llegó a determinar que la variedad Monterrey alcanzo 20 hojas, seguidamente por la variedad San Andrea con 18 hojas, y como el más bajo entre variedades fue la variedad Sabrina tuvo alrededor de 15 hojas, número de flores la variedad Monterrey posee alrededor de 5 flores por planta seguido por San Andreas que posee 3 flores. La variedad Sabrina posee 2 flores por planta, número de frutos la variedad Monterrey con 4 frutos, fue el mejor en cuanto al número de frutos, seguido por la variedad San Andrea donde obtuvo 3 frutos por planta. Siendo inferior la variedad Sabrina alcanzando un promedio de 2 frutos por planta respectivamente, diámetro del fruto la

variedad Monterrey con 3.14 centímetros, en el segundo lugar está la variedad San Andrea con 2,75 centímetros de diámetro, seguido por la variedad Sabrina con menor valor de 2.56 centímetros, esto podría atribuirse a las características genéticas de cada variedad, peso del fruto la variedad Monterrey fue el mejor en cuanto al peso de fruto llegando a 14,18 g, seguido por la variedad San Andrea donde brindaron 13,16 g de peso de fruto por planta. Siendo la variedad más inferior en peso de fruto fue la variedad Sabrina alcanzando un peso de fruto de 10,3g por planta respectivamente. En el rendimiento se mostró lo siguiente de 4,2 t/ha de la variedad Monterrey, que mostro ser muy favorable en el rendimiento, siguiendo 3,9 t/ha de la variedad San Andrea, y por ultimo 3 t/ha de la variedad Sabrina. La relación beneficio/costo, donde la variedad Monterrey y San Andrea, alcanzaron la relación de 1,2 y 1,02 respectivamente este resultado nos indica que por un boliviano invertido se recupera el boliviano invertido y se gana 0,20 centavos y 0,02 centavos de boliviano respectivamente y la variedad Sabrina alcanzo con una relación 0,99 respectivamente, nos indica que no hay ganancia con esta variedad.

ABSTRACT

This research work was developed in District 3 in the city of El Alto, in the department of La Paz. The purpose was to evaluate the agronomic characteristics of three varieties of strawberry (*Fragaria x ananassa*), such as: Sabrina, Monterrey and San Andrea, in a recirculating system according to the variety, with the application of a nutrient solution formulated based on macro and micro nutrients. The methodology of the test was carried out with the N.F.T. hydroponic system (Nutrient Film Technique), which is a recirculating cultivation system that allows the cultivation of a wide variety of species including all vegetables of economic importance. The water recirculates throughout the hydroponic system, at the same time, the water not absorbed by the crop is conducted to the initial storage place for reuse. In the production of Strawberry in our country, mainly in the highlands, there are difficulties in production due to climatic characteristics, even though they have the capacity to withstand low temperatures up to 3°C below zero, in addition to requiring certain nutrients that are scarce in the soil of the highlands. With the objective of evaluating the agronomic behavior of three varieties of Strawberry (*Fragaria x ananassa*), under the NFT hydroponic system in the city of El Alto. The method used was experimental, the approach is of a quantitative research type, because it describes and evaluates the productive factors of the variables, the type of research is experimental with the design of complete randomized blocks, Duncan means test, the population made up of 90 seedlings with a probabilistic sampling of 6 seedlings per treatment, for the systematization of data 2 stages were used, the first; observation for the behavior and development of the seedlings that were brought from Peru, transplanted to the tubes with glass support and the second; the forms for data collection, for systematization the INFOSTAT program was used and the results were presented in ANOVA tables, histograms, mean tables and figures. The results for the following treatments, in this study it was evaluated: Number of leaves it was determined that the Monterrey variety reached 20 leaves, followed by the San Andrea variety with 18 leaves, and as the lowest among varieties was the Sabrina variety had around 15 leaves, number of flowers the Monterrey variety has around 5 flowers per plant followed by San Andreas which has 3 flowers. The Sabrina variety has 2 flowers per plant, number of fruits the Monterrey variety with 4 fruits, was the best in terms of the number of fruits, followed by the San Andrea variety where it obtained 3 fruits per plant. Being inferior the Sabrina variety reaching an average of 2 fruits per plant respectively, fruit diameter the Monterrey variety with 3.14 centimeters, in second place is the San Andrea variety with 2.75 centimeters of diameter,

followed by the Sabrina variety with a lower value of 2.56 centimeters, this could be attributed to the genetic characteristics of each variety, fruit weight the Monterrey variety was the best in terms of fruit weight reaching 14.18 g, followed by the San Andrea variety where they provided 13.16 g of fruit weight per plant. Being the most inferior variety in fruit weight was the Sabrina variety reaching a fruit weight of 10.3 g per plant respectively. In yield the following was shown: 4.2 t/ha of the Monterrey variety, which proved to be very favorable in yield, followed by 3.9 t/ha of the San Andrea variety, and finally 3 t/ha of the Sabrina variety. The benefit/cost ratio, where the Monterrey and San Andrea varieties reached the ratio of 1.2 and 1.02 respectively, this result indicates that for one boliviano invested, the boliviano invested is recovered and 0.20 cents and 0.02 boliviano cents are earned respectively, and the Sabrina variety reached a ratio of 0.99 respectively, indicating that there is no profit with this variety.

1. INTRODUCCIÓN

Las primeras frutillas fueron probablemente cultivadas en jardines griegos y romanos. Pero los primeros registros de su cultivo en Europa datan de los años 1300. Hay registros de que el Rey Carlos V tuvo más de 1000 plantas de frutilla en los jardines de Louvre en París (Nutre Vita, 2021).

A nivel mundial la producción de frutillas ha crecido 13% en los últimos cinco años, alcanzando 4.516.810 toneladas en el año 2012. El principal productor es Estados Unidos, con 1.366.850 toneladas. De ellas, el 80% se destinó a mercado fresco. El valle de la Costa Central de California es llamado por algunos la “capital mundial del berry”, debido a su producción de frutillas, frambuesas y moras. Allí se produce la mayor cantidad de frutillas en el mundo. En segundo lugar está México, con 360.426 toneladas, y muy cerca Turquía, con 353.173 toneladas. La sigue España, con 289.900 toneladas, de las cuales 75% se destina a venta en fresco (Pefaur, 2014).

Según el INE (2022), en nuestro país cuenta con un rendimiento en la producción de frutilla de 6215 kg/ha, ya que el rendimiento y la calidad se ven influenciados por diversos factores: Temperatura, Humedad Relativa, Clima y entre otros.

La hidroponía es un método muy efectivo que permite cultivar desde algunas plantas cultivables en casa hasta grandes producciones para la comercialización. El uso de la hidroponía como método de cultivo se practica desde hace siglos, sin embargo, en la actualidad está recobrando importancia, debido a su accesibilidad (SADER, 2015).

La hidroponía es una ciencia joven que puede ser aplicada en diversos sistemas hidropónicos, que producen cultivos económicamente importantes al aire libre y en invernadero, como es el caso de las frutillas, las cuales son muy valoradas tanto para el consumo en fresco como para la producción de diversos derivados como: yogures, tortas, postres y entre otros, también porque contiene gran cantidad de vitaminas A y C, buenas para la salud, gracias a su color, olor, forma, firmeza y contenido en azúcar (López y Aranda, 2009).

1.1. Planteamiento del problema

En la producción de Frutilla en nuestro país principalmente en el altiplano se va presentando dificultades en la producción por las características climáticas, aun cuando tienen una capacidad de soportar temperaturas bajas hasta 3°C bajo cero además que requiere ciertos nutrientes que en el suelo del altiplano es escaso cada vez más. y hace que las plantas de frutilla tenga problemas de plagas y enfermedades, como también deformidades.

1.2. Justificación

El sistema hidropónico NFT, permite una amplia variedad de cultivo en especies, incluidas todas las especies hortícolas económicamente importantes. Se trata, por tanto, de una alternativa a la agricultura tradicional, de especial interés en zonas de cultivo intensivo, porque ofrece ventajas como ahorro de agua, ahorro de fertilizantes, menor contaminación del suelo, reducción del riesgo de enfermedades, no uso de herbicidas y reducción de costos energéticos, así como una agricultura innovadora continua con cultivos de alta calidad y cosechas más tempranas.

El cultivo de frutilla 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 los soportes del sistema "NFT", pueden reciclarse, las plantas de frutilla están bien ventiladas y secas, la producción de frutos es limpia.

Existen suficientes argumentos para adoptar a la modernización que representa la tecnología hortícola. En si para todos los cultivos es el método de cultivo menos contaminante, el agua y los nutrientes se controlan de forma independiente.

1.3. Objetivos

1.4. Objetivo General

- Evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa*), bajo el sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique), en El Alto del departamento de La Paz.

1.5. Objetivos Específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa*), bajo el sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique).
- Determinar el rendimiento del cultivo de frutillas según la variedad en carpa solar.
- Determinar la relación de costos y su beneficio según las variedades.

1.6. Hipótesis

- El comportamiento agronómico de las tres variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa*), bajo el sistema hidropónico NFT (Nutrient Film Technique), en carpa solar de la ciudad de El Alto del departamento de La Paz, no presenta diferencias significativas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Descripción de la frutilla

La frutilla pertenece a la familia de las rosáceas, es una planta herbácea 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 (Folquer, 1991).

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, estas 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 atractivas de sus frutos aromáticos (Villagrán, 2001).

2.1.1. 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 t/año. Por continentes, América y Europa son los que se reparten un mayor porcentaje de la producción de frutilla, representa al 65%. 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 t/ha (FAO, 2009).

Los principales países productores de fresa son China, Estados Unidos de América, México, Turquía y Egipto, los cuales en conjunto aportan más del setenta por ciento del volumen total de la producción de fresa en el mundo y por otro lado, los principales países exportadores son España, Estados Unidos de América, México, Países Bajos y Bélgica, destacando México como tercer productor y exportador de fresa en el mundo. En el Cuadro 1 se menciona los principales productores del 2019 (Ramírez, 2021).

Cuadro 1. Principales productores en el mundo

Países	Producción (t/ha)
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: MRyT (2019)

2.1.2. Variedades de frutilla

Según Guerena (2007), 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 clasifican de día corto y día neutro, la formación de yemas florales inician cuando los días empiezan a acortarse y las temperaturas descienden. Esta variedades de día corto florecen en primera comenzando a producir aquenios, 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.

2.1.2.1. San Andrea

Variedad moderadamente neutra, con mayor respuesta al fotoperiodo. Presenta un nivel más alto de producción, más marcados que la variedad Albión. Con potencial para cultivo tanto en suelo como en hidroponía. La planta tiene un tamaño intermedio, de rápido crecimiento vegetativo inicial por lo que debe ser plantada con temperaturas adecuadas (sobre 12°C en suelo), para no presentar exceso de crecimiento vegetativo, lo que podría retrasar la entrada

en producción. Tiene muy buena aptitud para el mercado fresco ya que es la variedad que presenta el mayor tamaño y homogeneidad de frutos, con una buena aptitud para la agroindustria (congelado) (LLAHUEN, 2021).

2.1.2.2. Sabrina

Es una fresa de día corto, se la recomendada sembrar entre el 3 y el 25 de octubre en planta fresca. Su forma de la planta globosa y vigorosa, buen sistema radicular de fácil regeneración y que permite su adaptación a diversos tipos de suelos y desinfecciones. Flores con muy buena calidad de polen y expuestas por encima del follaje facilitando la polinización, rústica, resistente a hongos y enfermedades de suelo. Fruto muy atractivo, de color rojo brillante y calibre medio-grande hasta final de cosecha. Muy buen sabor y aroma que mejora conforme avanza la producción y con buen balance entre azúcar y acidez durante toda la campaña. La forma del fruto es cónica alargada. Pulpa consistente y con gran dureza interior. Muy resistente a las deformaciones y quemaduras de sépalos. Variedad de producción de media estación, con inicio precoz si la plantación es temprana habrá alta productividad (Liñan, 2021).

2.1.2.3. Monterrey

Monterrey es similar a San Andrea en las características de producción y sus principales diferencias son el sabor y el vigor de la planta. El sabor de monterrey es muy dulce, entendiendo dulzura por la falta de acidez. La planta es más vigorosa que Albión. La fruta de esta variedad es muy adaptada a las exigencias del consumidor en general, y ofrece calidad de producto especialmente al consumidor asiático en Japón, Corea y China (Eurosemillas, 2019).

2.1.3. Cultivo de frutilla en Bolivia

El CIAT (2015), 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.

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 involucrados otras

regiones como productoras y están localizados en Tarija con un rendimiento de 4 t/ha, Cochabamba con 4.6 t/ha y La Paz con un rendimiento de 4.2 t/ha.

2.1.4. Carpa solares para el cultivo

La construcción de carpas solares, 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).

2.1.5. Clasificación sistemática

Escobar (2011), señala que la frutilla tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Cuadro 2. Clasificación sistemática de la frutilla

Reino:	Plantae
División:	Ansiospermae
Subdivisión	Dicotiledonea
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Género:	<i>Fragaria</i>
Especie:	<i>Fragaria Ananassa</i> Dusch

Fuente: Escobar (2011)

2.1.5.1. Descripción morfológica de la frutilla

La frutilla (*Fragaria ananassa*) es una planta herbácea, de vida corta, que puede durar hasta dos años en producción económica. 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).

En la figura 1 se observa partes de la frutilla.

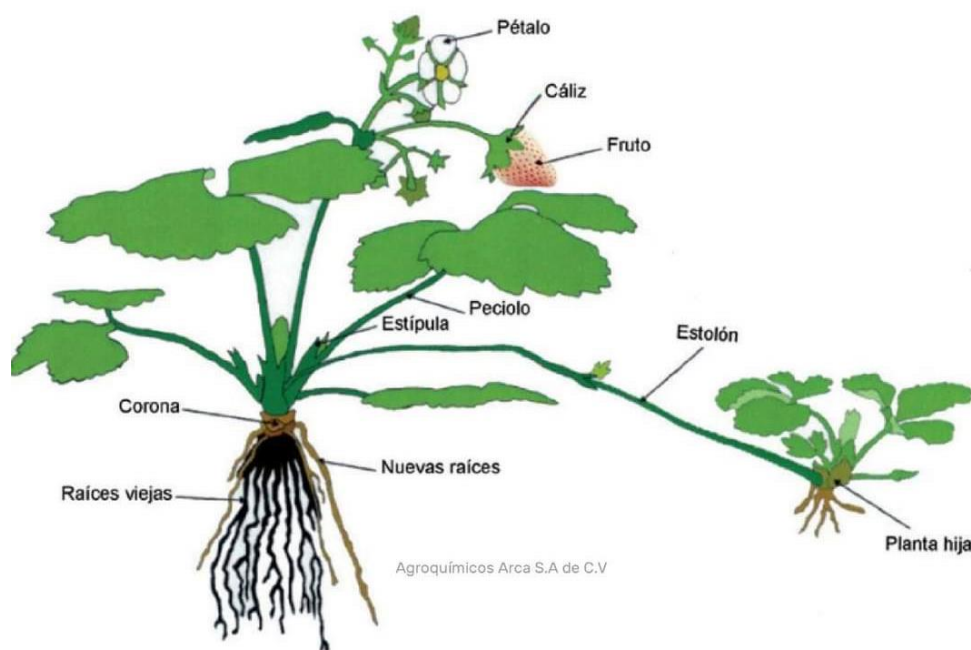


Figura 1. Morfología de la frutilla Miserendino (2007).

2.1.5.1.1. Semilla

Según Folquer (1991), 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.

2.1.5.1.2. 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).

2.1.5.1.3. Corona

La corona forma parte de la planta de fresa, tiene un tallo corto y cilíndrico, su parte larga nos permite distinguir la piel media y el sistema vascular en el lateral, el color de la corona sana es blanco (Giménez, 2013).

2.1.5.1.4. Hojas

Las hojas son de borde aserrado y cara inferior levemente pedunculada puede producir hojas con 4 o 5 folíolos terminales (Folquer, 1991).

2.1.5.1.5. Flores e inflorescencia

Las inflorescencias se forman a partir de meristemos terminales de las coronas. Cada flor está constituida por un pedúnculo floral, sépalos, pétalos, pistilos, estambres (Giménez, 2013).

2.1.5.1.6. Fruto

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 y Lema, 2010).

2.1.6. Requerimiento nutricional de la frutilla

La fertilización se realiza según el análisis del suelo. Él INIA (2014), recomienda para la costa central la dosis de 300 kg/ha de nitrógeno, 150 kg/ha de fósforo y 150 kg/ha de potasio que equivale a 13 sacos de urea, 7 sacos de superfosfato triple y 6 sacos de sulfato de potasio. La aplicación de nitrógeno se efectúa en forma fraccionada, en dos partes, la primera con el fósforo y el potasio en la preparación del terreno y, la segunda parte dos meses después de la primera aplicación. En el cuadro 3 se muestra la formulación de la solución nutritiva.

Cuadro 3. Formulación de solución nutritiva para el cultivo de frutilla

FETILIZANTES	LEY%	CRECIMIENTO g/m3	FRUCTIFICACION g/m3
Nitrato de Potasio	13,5;46 K2O	510	510
Nitrato de Amonio	31N	100	50
Nitrato de Calcio	15,5N;26CaO	620	620
Fosfato Monoamónico	52P2O5;34K2O	200	260
Fosfato de Potasio	50K2O;18S	100	100
Sulfato de Magnesio	16MgO,13S	320	320
Quelato de Hierro	6Fe	30	35
Ácido Fosfórico	18B	2,5	2,5
Sulfato de Manganeso	25Mg	4	4,5
Sulfato de Zinc	23Zn	0,9	0,9
Sulfato de Cobre	25Cu	0,6	0,6
Molibdeno de Amonio	54Mo	0,15	0,15

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

2.1.7. Hidroponía

La Hidroponía deriva de *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).

2.1.7.1. Sistema NFT (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 y 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.

2.1.8. Ventajas del sistema NFT (Técnica de película de nutriente)

La ventaja del sistema NFT, en relación a otros sistemas hidropónicos, es la alta calidad obtenida en diferentes productos hortícolas en un corto periodo de cultivo, como también en rendimiento. La constante oferta de agua y nutrientes permite a las plantas crecer sin estrés

y obtener el potencial productivo del cultivo. Además, es posible obtener precocidad, lo que permite un mejor precio en el mercado y presencia en todas las temporadas. Por otra parte, quizás la ventaja más importante es el ahorro de agua en estos sistemas de cultivo, así como fertilizantes al permitir la recirculación de la solución nutritiva (INTAGRI, 2015).

2.1.9. Densidad de siembra de frutilla hidropónica

La densidad de siembra de frutilla en diferentes sistemas hidropónicos es de 15 centímetros entre plantas y 25 centímetros entre hileras (canal de cultivo en el Sistema NFT) (Sánchez, 2004).

2.1.10. Uso de fertilizantes

Los 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).

2.1.11. Requerimientos de pH y conductividad eléctrica

2.1.11.1.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, HNO_3 , H_3PO_4 , H_2SO_4 (Favela, 2006).

2.1.11.2.Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica en 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 (Gilsanz, 2007).

2.1.12. Requerimientos edafoclimáticos

2.1.12.1. 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°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. Los valores óptimos para una fructificación adecuada se sitúan en torno a los 15 – 20 °C de media anual (INFOAGRO, 2010).

2.1.12.2. Temperatura

La mayoría de los cultivos requieren de un rango de temperaturas consideradas fresca, 16 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 y Reyes, 2012).

2.1.12.3. 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 y Lema, 2010).

2.1.13. 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, 2013).

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 polvorientas 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 purpura 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 (*Sphaeria macularis*), el borde de las hojas se enrolla hacia arriba del borde, provocan deformación de los frutos.

3. LOCALIZACIÓN

3.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el distrito 3 en la ciudad de El Alto, del departamento de La Paz. Ubicada geográficamente entre los $16^{\circ}31'41''$ de Latitud Sur y los $68^{\circ}13'32'$ de Longitud Oeste a una altitud de 3600 m.s.n.m. (Google Earth, 2023).

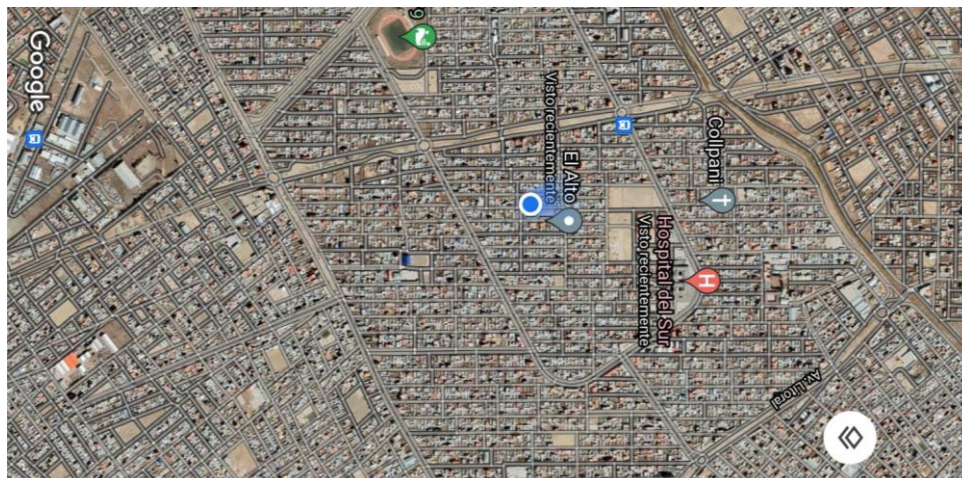


Figura 2. Ubicación geográfica (Google Earth, 2023).

3.2. Características Ecológicas

3.2.1. Clima

El clima de la región es frío, sub húmedo la temperatura promedio es de 10°C con una máxima de 22°C y una mínima, de -2°C durante los meses de agosto a octubre, precipitación anual de 500 a 800 mm humedad de 40 a 70 % (Gregoria, 2023).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1. De estudio

En el presente estudio se empleó tres variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa*):

- San Andrea
- Monterrey
- Sabrina

4.1.2. De campo

- Termo hidrómetro
- pH metro
- Conductivímetro
- Temporizador de riego
- Bomba de impulsión
- Cinta métrica
- Tanque de almacenamiento
- Tubos PVC
- Tubos de retorno

4.1.3. De gabinete

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Balanza de precisión
- Planillas de registro
- Calibrador vernier
- Calculadora

4.2. METODO

El enfoque es de tipo de investigación cuantitativo, porque describe y evalúa los factores productivos de las variables, el tipo de investigación es experimental con el diseño de bloques completos al azar, prueba de medias Duncan, la población conformada por 90 plantines con un muestreo probabilístico de 6 plantines por tratamiento, para la sistematización de datos se utilizó 2 etapas el primero; observación para el comportamiento y desarrollo de los plantines que fueron traídos de Perú, trasplantados a los tubos con soporte de vasos y el segundo; las planillas para la toma de datos, para la sistematización se utilizó el programa InfoStat y la presentación de resultados en tablas de ANVA, histogramas, cuadros de medias y figuras.

4.3. Metodología

4.3.1. Procedimiento experimental

4.3.1.1. Características de la carpa solar

Una vez adquirido el material de estudio se empezó con el trabajo en la infraestructura en la carpa solar con una superficie de 4 metros por 8,50 metros se realizará lo siguiente

4.3.1.2. Construcción del sistema NFT

La instalación del sistema hidropónico NFT, que consto de una superficie de 2,8 metros cuadrados, tendrá 6 tubos de 3 pulgadas, de 2,25 metros de largo, la distancia entre tubos fue de 0,25 metros y entre plantas 0,15 metros, la estructura de soporte será de fierro de 3/8 pulgadas. En la Figura 3 se observa la construcción del sistema hidropónico.



Figura 3. Construcción del sistema hidropónico

4.3.1.3. Sistema de riego

Una vez concluida con las instalaciones y fijado a los soportes, se instaló el “riego”, basado en la medida del consumo instantáneo del cultivo, la instalación se realizó de forma similar a otros sistemas hidropónicos que trabajan en circuito recirculante, 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.

En la Figura 4 se observa el tanque de almacenamiento de la solución nutritiva, también en la Figura 5 se observa la distribución de la conexión de la recirculación de agua y en la Figura 6 se observa el componente de riego atomizado.



Figura 4. Tanque de almacenamiento de la solución nutritiva



Figura 5. Distribución de la conexión de la recirculación de agua



Figura 6. Componentes de riego automatizado

4.3.1.4. Preparación de la solución nutritiva

La preparación de la solución nutritiva se realizó la medición el pH y conductividad eléctrica del agua y requerimientos que necesita la planta según sus fases de crecimiento. Se tomó el análisis físico – químico (Anexo 1), de acuerdo con la concentración de nutrientes que existen en el agua de riego, se adicionaron los nutrientes faltantes según el requerimiento, con el programa HidriBuddy. En la siguiente figura se observa la medición del pH y Conductividad eléctrica. En la Figura 7 se observa medición del pH y conductividad eléctrica.



Figura 7. Medición del pH y Conductividad eléctrica

Para la solución nutritiva se tomó la medición y siguiendo se utilizó dos soluciones para cada fase que son:

- **Solución A** (macronutrientes): Se utilizó 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 utilizó 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 (HNO_3), en la etapa inicial; durante la segunda etapa se utilizó ácido fosfórico (H_3PO_4). En el Cuadro 4 se observa la primera fórmula para la adaptación del cultivo, con una conductividad eléctrica de 1300mS/cm.

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	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Macro elemento	49
Nitrato de potasio	KNO_3	Macro elemento	56,3
sulfato de magnesio	MgSO_4	Macro elemento	30
sulfato de potasio	K_2SO_4	Macro elemento	16
Fosfato monoamónico	HN_4PO_4	Macro elemento	4
Ácido fosfórico	H_3PO_4	Estabilizador de pH	21,5
Cosmoquel	Ca,Mg,S,B,CoFe,Mn,Mo,Zn,Cu	Micro elemento	8

Fuente: Programa HydroBuddy

Una vez acabado con el trasplante de las 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 5.

Cuadro 5. Segunda formula para el desarrollo y fructificación, con una conductividad electrica de 1800mS/cm

CANTIDAD DE FERTILIZANTES PARA 100 LITROS			
FERTILIZANTE	FORMULA	ELEMENTO	PESO (g)
Nitrato de calcio	Ca(NO ₃) ₂	Marco elemento	49
Nitrato de potasio	KNO ₃	Marco elemento	42
sulfato de magnesio	MgSO ₄	Marco elemento	34
sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	Marco 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

Fuente: Programa HydroBuddy

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.

4.3.1.5. Trasplante de las frutillas

Trasplante de las tres variedades de frutilla se realizó según el diseño bloques completamente alzar, poniendo a los tubos con su envase de soporte a la planta.

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. En la figura 8 se observa las plántulas de frutilla.





Figura 8. Plántulas de frutilla

4.3.1.6. Control de plaga .

Hubo una pequeña 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 por las tardes, esta tarea se repitió 3 veces.

4.3.1.7. 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.

4.3.1.8. 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.

4.3.1.9. 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 4 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.

4.3.2. Diseño Experimental

El diseño del trabajo de investigación es DBCA (Diseño Boques Completamente al Azar), conformado por un total de 18 unidades experimentales con 3 variedades y 9 repeticiones.

Según Ochoa (2016), el modelo lineal aditivo para un DBCA es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor observado de una unidad experimental del j-esimo bloque que recibe el i-esimo tratamiento.

μ = Media general.

β_j = Efecto aleatorio del j-esimo bloque $\beta_j \sim N(0, \sigma^2/\beta)$

α_i = Efecto fijo del i-esimo tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

4.3.3. Los tratamientos en estudio:

Los tratamientos en estudio son:

V1 = Sabrina

V2 = Monterrey

V3 = San Andrea

4.3.4. Croquis Experimental

Diseño Bloques Completamente al Azar, conformado con un total de 18 unidades experimentales, 3 tratamientos y 9 repeticiones.

En la Figura 9 se presenta la distribución de los tratamientos.

TUBO 1	V2	V3	V1
TUBO 2	V3	V2	V1
TUBO 3	V2	V3	V1
TUBO 4	V1	V3	V2
TUBO 5	V1	V3	V2
TUBO 6	V3	V1	V2

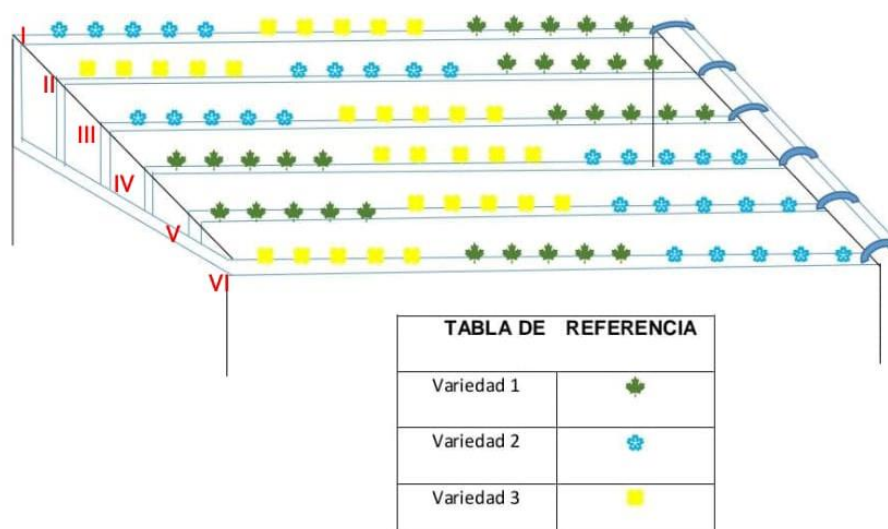


Figura 9. Croquis experimental del DBCA

4.3.5. Variables de Respuesta

Las variables de respuesta que fueron evaluadas son:

4.3.5.1. Número 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. En la Figura 10 se observa el número de hojas en desarrollo de la frutilla.



Figura 10. Número de hojas en desarrollo de la frutilla

4.3.5.2. Número 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. En la Figura 11 se observa la floración de la planta de frutilla.

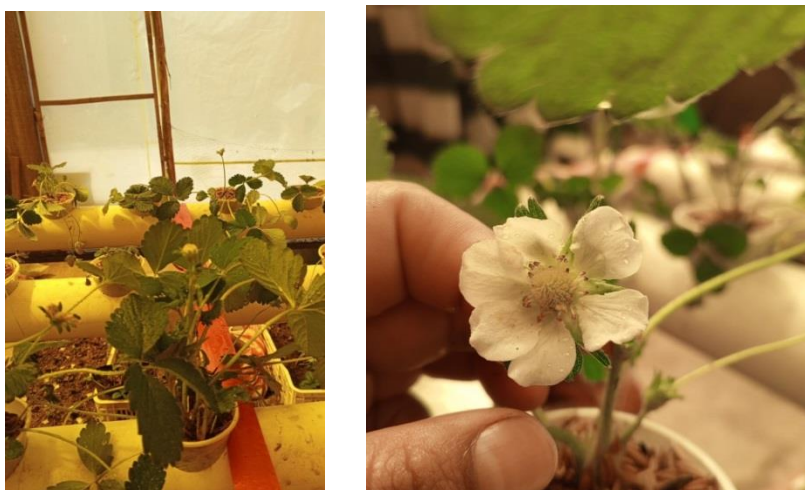


Figura 11. Floración de la planta de frutilla

4.3.5.3. Número 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. En la Figura 12 se observa el fruto en desarrollo de la planta de frutilla.



Figura 12. Planta de frutilla con fruto en desarrollo

4.3.5.4. Peso del fruto

Se pesó los frutos en una balanza precisión los datos fueron expresados en g/fruto. En la Figura 13 se observa del peso del fruto en gramos de la planta de frutilla.



Figura 13. Peso del fruto en gramos

4.3.5.5. Diámetro del fruto

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. En la Figura 14 se observa el diámetro del fruto.



Figura 14. Diámetro del fruto de la planta de frutilla

4.3.5.6. Rendimiento

Se pesó el total de frutos de frutilla por cada tratamiento y se extrapolo a toneladas por hectárea. En la Figura 15 se observa las plantas de frutilla en el sistema NFT.

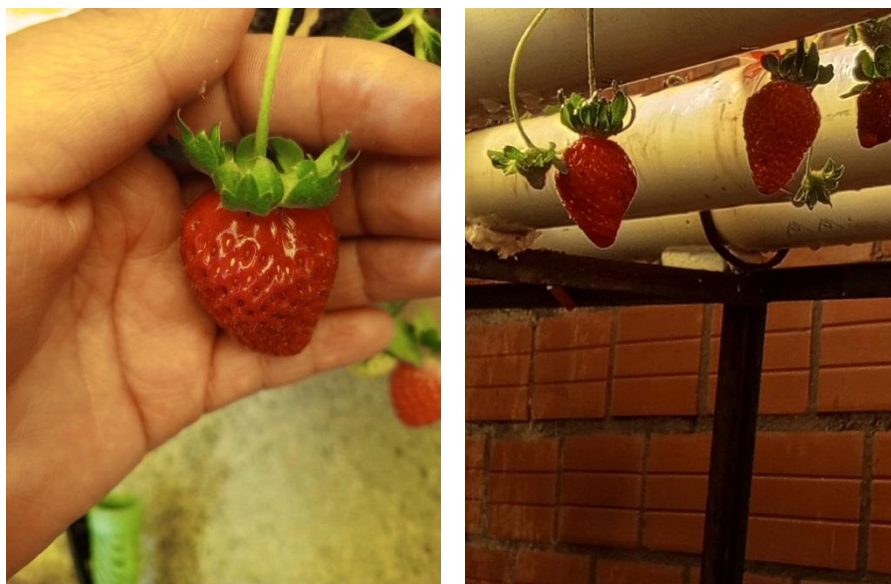


Figura 15. Plantas de frutilla en el sistema NFT

4.3.6. Relación beneficio costo

En relación que existe entre los beneficios (BB) sobre los costos de producción (CP)

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

Dónde:

B/C = Beneficio costo

CP = Costo de producción.

IB = Ingreso bruto

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Variables Agronómicas

Se tomó en cuenta las siguientes variables: Numero de hojas por planta, numero de flores por planta, numero de frutos por planta, peso del fruto, diámetro del fruto y rendimiento.

5.1.1. Número de hojas por planta

En el cuadro 6, se observa el ANVA para la variable número de hojas por planta que existe una diferencia significativa de $P = 0,0127$ entre bloques, así también existe una diferencia altamente significativa de $P = 0,0001$, entre los tratamientos o variedades en el que se realizó el estudio, para obtener la variable de respuesta de número de hojas por planta de frutilla.

Cuadro 6. Análisis de varianza para número de hojas por planta

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
BLOQUE	2,85	5	0,57	5,25	0,0127 *
TRATAMIENTO	67,48	2	33,74	310,49	<0,0001 **
Error	1,09	10	0,11		
Total	71,42	17			

** Alta significancia estadística * significancia estadística

El coeficiente de variación encontrada fue de 1,81%, indicando que hay una alta confiabilidad de los datos tomados por lo tanto significa que el trabajo fue manejada de manera adecuada.



Figura 16. Prueba de Duncan del número de hojas entre variedades

De acuerdo a la Figura 16, se observa la prueba de significancia Duncan donde se llegó a determinar que la variedad Monterrey alcanzo 20 hojas, seguidamente por la variedad San Andrea con 18 hojas, y como el más bajo entre variedades fue la variedad Sabrina tuvo alrededor de 15 hojas. Existe una alta correlación entre número de hojas y rendimiento, como menciona Giménez (2013), que 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.

Según menciona Miserendino (2007), 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

5.1.2. Numero de flores por planta

Como muestra el análisis de varianza que se observa en el Cuadro 7, existe una diferencia significativa $P = 0,0136$ entre los bloques y también así existe una diferencia altamente significativa $P=0.0001$ entre tratamientos o variedades, ya que P-valor establecido es de 0,05, y esto indica que hay diferencias en la manifestación morfológica número de flores por planta en el sistema hidropónico bajo condiciones de ambiente atemperado.

Cuadro 7. Análisis de varianza para número de flores por planta

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	3,57	5	0,71	5,14	0,0136*
TRATAMIENTO	21,8	2	10,9	78,43	<0,0001**
Error	1,39	10	0,14		
Total	26,77	17			

** Alta significancia estadística * significancia estadística

El Coeficiente de Variación fue de 9,68% lo que demuestra confiabilidad en los datos registrados.

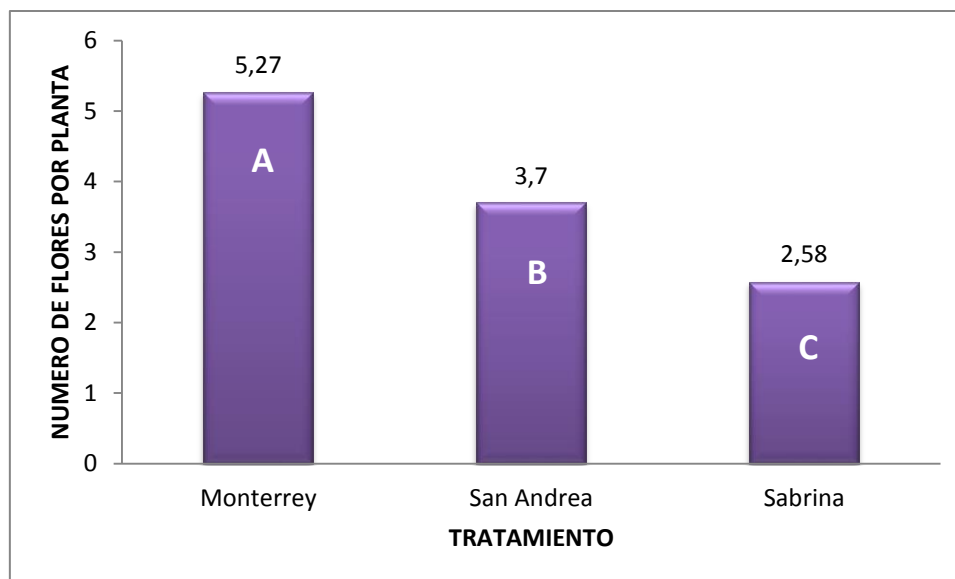


Figura 17. Prueba de Duncan para número de flores por planta entre variedades

Como muestra la prueba de Duncan que se observa en la Figura 17, la variedad Monterrey posee alrededor de 5 flores por planta seguido por San Andreas que posee 3 flores. La variedad Sabrina posee 2 flores por planta.

Molino y Roson (1981), Indican que hay una relación entre el crecimiento y los diferentes órganos y que así 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, esto indica que las condiciones nutritivas que favorecen la emergencia de las hojas favorecen también la de las flores y viceversa. En la siguiente investigación muestra que con la solución nutritiva se obtuvo mayor número de hojas y así obtuvo mayor número de flores.

Menciona también Joublan y Vergara (2002), que 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, así también se observa que se produce un adelantamiento en la formación de flores por parte de las plantas que se encontraban bajo la cobertura.

5.1.3. Numero de frutos por planta

El análisis de varianza para la variable número de frutos por planta como muestra el cuadro 8, presenta una diferencia estadística significativa entre los bloques con p-valor de 0,012, también se muestra una diferencia altamente significativa entre los tratamientos con

$P=0.0004$, que expresa la diferencia entre las variedades en la característica número de frutos por planta.

Cuadro 8. Análisis de varianza para número de frutos por planta

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
BLOQUE	6,8	5	1,36	5,33	0,012**
TRATAMIENTO	9,46	2	4,73	18,55	0,0004*
Error	2,55	10	0,25		
Total	18,8	17			

** Alta significancia estadística * significancia estadística

El coeficiente de variación encontrado fue de 14,6% lo que significa que el trabajo fue manejado de manera adecuada.

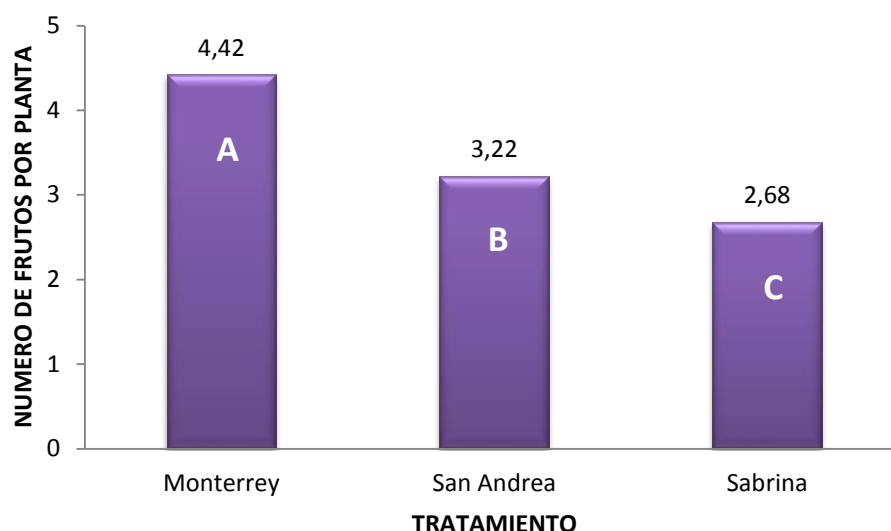


Figura 18. Prueba de Duncan de numero de frutos por planta entre variedades

Los resultados obtenidos mediante la prueba de Duncan para la variable de numero de frutos por planta a un nivel de significancia de 5%; en esta variable se observa en la Figura 18, donde se aprecia que la variedad Monterrey con 4 frutos, fue el mejor en cuanto al número de frutos, seguido por la variedad San Andrea donde obtuvo 3 frutos por planta. Siendo inferior la variedad Sabrina alcanzando un promedio de 2 frutos por planta respectivamente.

Molino y Roson (1981), mencionan que el porcentaje de fructificación está relacionado principalmente con el desarrollo de la corona y de la raíz con esto 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.

Como menciona el autor del párrafo anterior, condice con lo observado en el presente estudio, ya que se observó que la variedad (Monterrey) que presentaron mayor número de flores como se puede observar en la Figura 18, que también presentaron mayor número de frutos.

5.1.4. Peso de fruto

El análisis de varianza para la variable peso de fruto por planta, que se presenta en el cuadro 9, muestra una diferencia estadística altamente significativa ($P=0.0015$) entre los bloques, así también muestra que entre los tratamientos existe una diferencia altamente significativa ($p<0,0001$) que expresa la diferencia entre las variedades en la característica número de frutos por planta.

Cuadro 9. Análisis de varianza del peso de fruto

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	11,96	5	2,39	9,4	0,0015**
TRATAMIENTO	48,47	2	24,24	95,2	<0,0001*
Error	2,55	10	0,25		
Total	62,98	17			

** Alta significancia estadística * significancia estadística

El coeficiente de variación encontrado fue de 4,2% lo que significa que el trabajo fue manejado de manera adecuada.

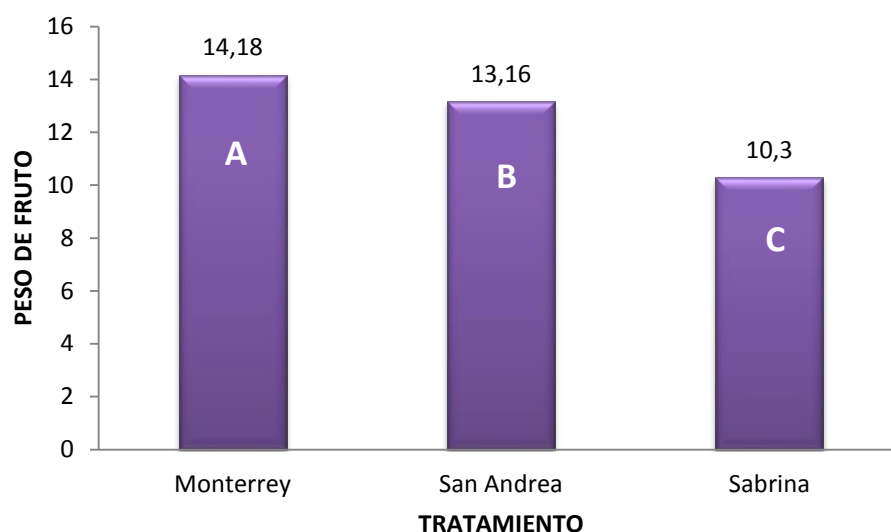


Figura 19. Prueba de Duncan del peso de fruto entre variedades

Los resultados que se muestra la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%; en la variable de peso de fruto por planta, se observa en la Figura 19, donde se aprecia que la variedad Monterrey fue el mejor en cuanto al peso de fruto llegando a 14,18 g, seguido por la variedad San Andrea donde brindaron 13,16 g de peso de fruto por planta. Siendo la variedad más inferior en peso de fruto fue la variedad Sabrina alcanzando un peso de fruto de 10 ,3g por planta respectivamente.

Según 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 49 habían llegado a desarrollarse completamente por tanto los frutos tampoco llegaron a su peso máximo.

5.1.5. Diámetro de fruto

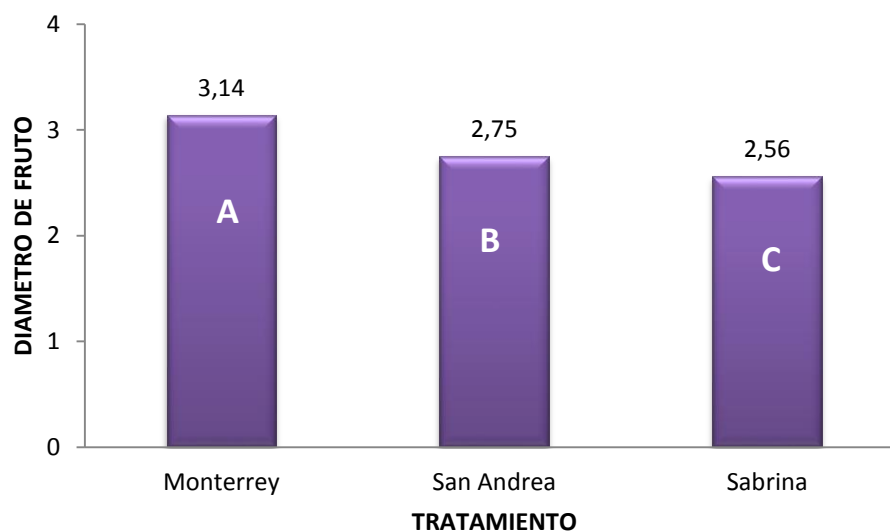
El análisis de varianza que se observa en el cuadro 10, para la variable diámetro de fruto, resalta que existe una diferencia significativa ($P=0.0123$) entre los bloques, también se muestra que existe una diferencia altamente significativa entre tratamientos ($p=0,006$), con respecto al diámetro de fruto.

Cuadro 10. Análisis de varianza del diámetro de fruto

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
BLOQUE	1,56	5	0,31	5,3	0,0123*
TRATAMIENTO	1,04	2	0,52	8,83	0,0062**
Error	0,59	10	0,06		
Total	3,2	17			

** Alta significancia estadística * significancia estadística

En cuanto al valor de Coeficiente de Varianza fue de 8,63% lo expresa la existencia de una confiabilidad de los datos obtenidos.

**Figura 20. Prueba de Duncan del diámetro de fruto entre variedades**

Para la comparación de medias para la variable de diámetro de fruto, se realizó la prueba de Duncan que se observa en la Figura 20, para la variable de diámetro de fruto, se destaca la variedad Monterrey con 3.14 centímetros, en el segundo lugar está la variedad San Andrea con 2,75 centímetros de diámetro, seguido por la variedad Sabrina con menor valor de 2.56 centímetros, esto podría atribuirse a las características genéticas de cada variedad.

Así mismo Nissen y Hoffmann (1988), reportaron que bajo distintos sistemas de riego los diámetros de la *Fragaria ananassa* Duch varían de 2.67 a 3.13 cm. 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 (2021) 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.

5.1.6. Rendimiento

El análisis de varianza Cuadro 11, para la variable en rendimiento obtenido, muestra que existe una diferencia altamente significativa ($P=0.0001$) entre los bloques, que así también muestra una diferencia altamente significativa ($p=0,0009$) entre los tratamientos esto indica que hay diferencias entre las variedades con respecto al rendimiento.

Cuadro 11. Análisis de varianza del rendimiento

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	1,11	5	0,22	10,91	0,0009**
TRATAMIENTO	4,6	2	2,3	112,62	<0,0001**
Error	0,2	10	0,02		
Total	5,91	17			

** Alta significancia estadística * significancia estadística

El Coeficiente de Variación fue de 3,8% lo que indica que los datos son confiables para este estudio.

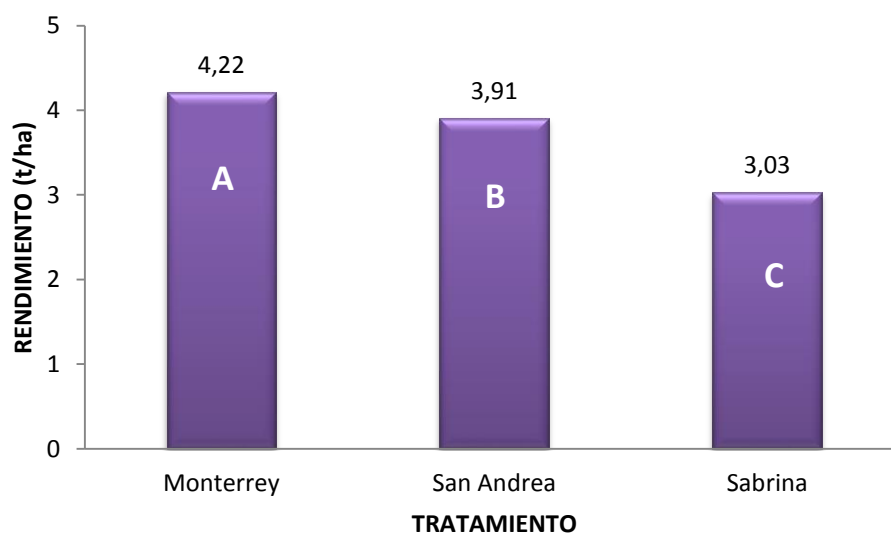


Figura 21. Prueba de Duncan del rendimiento (t/ha) entre variedades

La prueba de media de Duncan que se observa en la Figura 21, indica que el mayor rendimiento lo tiene la variedad Monterrey que alcanzó los 4,22 t/ha, en cambio la variedad San Andrea tuvo un alcance de 3,91 t/ha y seguidamente el resultado que tuvo la variedad Sabrina que llegó a 3,03 t/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 Monterrey que presentó grandes frutos y su peso fue mayor, seguido por la variedad San Andrea.

Ramírez (2021), indican que para que los frutos de frutilla 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.

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 NFT, cuenta con plantaciones que se extienden en 300 ha en donde se cultiva sin suelo, exactamente en el este sistema NFT, el cultivo se practica de forma rustica y fácil de manejar, el rendimiento en este sistema es de 120 t/ha frente a los 43t/ha del sistema tradicional, es decir el rendimiento del cultivo en el sistema NFT, supera en 3 veces al tradicional.

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

6. Variables económicas

6.1. Relación beneficio/costo

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 pérdidas.

En el Cuadro 12, muestra el análisis económico del trabajo de investigación con un monto de 2192 Bs, monto que se desglosa por cada tratamiento.

Cuadro 12. Relación beneficio costo de las variedades

	T1	T2	T3
	Sabrina	Monterrey	San Andrea
BENEFICIO	725	875	750
COSTO	729	729	729
BENEFICIO/COSTO	0,99	1,2	1,02

De acuerdo al Cuadro 12, se observa la relación beneficio/costo, donde se puede apreciar que la variedad Monterrey y San Andrea, alcanzaron la relación de 1,2 y 1,02 respectivamente este resultado nos indica que por un boliviano invertido se recupera el boliviano invertido y se gana 0,20 centavos y 0,02 centavos de boliviano respectivamente.

7. CONCLUSIONES

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

- Analizando las variables agronómicas, en el sistema hidropónico aplicando la solución nutritiva, se mostró muy favorable en el desarrollo de las hojas, altura de planta, mayor número de flores y un rendimiento, la variedad Monterrey y San Andrea fue superior a todas las variedades, en cuanto al número de flores que se obtuvo 5 y 4 flores, 4 y 3 números de frutos, 20 y 18 números de hojas, 14g y 13g en peso del fruto y 3cm y 2,7cm de diámetro del fruto, también la variedad de San Andrea mostro
- En el rendimiento se hallaron los siguientes resultados de 4,2 t/ha de la variedad Monterrey, que mostro ser muy favorable en el rendimiento, siguiendo 3,9 t/ha de la variedad San Andrea, y por ultimo 3 t/ha de la variedad Sabrina estos fueron los resultados obtenidos.
- La relación beneficio/costo, donde la variedad Monterrey y San Andrea, alcanzaron la relación de 1,2 y 1,02 respectivamente este resultado nos indica que por un boliviano invertido se recupera el boliviano invertido y se gana 0,20 centavos y 0,02 centavos de boliviano respectivamente y la variedad Sabrina alcanzo con una relación 0,99 respectivamente, nos indica que no hay ganancia con esta variedad.

8. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación recomiendo lo siguiente:

- Cultivar la variedad Monterrey porque fue superior a todas las variedades en tanto a la numero de flores, numero de fruto y rendimiento, además que tuvo una buena adaptabilidad en el sistema hidropónico, siendo así la variedad que sería mejor para la producción en la ciudad de El Alto y regiones aledañas.
- Se recomienda cultivar la variedad San Andrea ya que mostro, como uno de las mejores en el desarrollo foliar, y que dio buenos resultados a pesar de la temperatura del ambiente, siendo así que se puede cultivar todo el año.
- se recomienda tomar en cuenta la temperatura del agua en el momento del desarrollo de la planta.
- realizar investigaciones con otros tipos de sistemas hidropónicos, ya que mostro mejor su desarrollo para ver nuevos resultados en el comportamiento agronómico.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdallah, A. 2015. Algunos Aspectos Sobre la Nutrición de Fresa Hidropónica. 57 p.
- Argollo, P. 2012. Gestión integrada de la araña roja Tetranychusurticae Koch. Valencia - España, UPV. 140 p.
- Barquero, J. 2007. Agrocadena de la Fresa: Manejo de la Plantación Alajuela. 108 p.
- Beltrano, J. 2015. Cultivos en Hidroponía. Buenos Aires, Argentina, Edulp. 78 p.
- Carbone, A. 2015. Cultivo en Hidroponía Universidad de la Plata. 123 p.
- Chiqui y Lema. 2010. Evaluación del Rendimiento en el Cultivo de Fresa Bajo Invernadero. Ecuador. 87 p.
- CIAT, (Centro de Investigación Agrícola Tropical). . 2015. Feria Nacional de Frutilla Place Published. Disponible en www.eldia.com.bo
- Darrow, M. 1996. The strawberry: History, breeding and Physiology. USA. 125 p.
- Escobar, J. 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.
- Eurosemillas. 2019. Fruit Attraction. Place Published. Disponible en <http://www.eurosemillas.com/fruit-attraction.html>
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas). 2009. Anuario de Producción de Producción de Frutilla. 187 p.
- Favela, E. 2006. Manual para Preparación de Solución Nutritiva. Torreon 87 p.
- Fernández;Pérez y Mondragón, C. 2010. Guía para Cultivar Frutos. Mexico, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Flores, J. 1996. Carpas Solares, Técnicas de Construcción. . La Paz- Bolivia: Huellas. 106 p.
- Folquer, F. 1991. La Frutilla o Fresa: Estudio de la Planta y su Producción Comercial 2ª ed. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur. 98 p.
- Gilsanz, J. 2007. Hidroponía. Montevideo, Uruguay: Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología Andes. Uruguay. 207 p.
- Giménez, G. 2013. Identificación y Manejo de las Principales Enfermedades y Plagas en el Cultivo de Frutilla. Montevideo Uruguay: Boletín de Divulgación.
- Google Earth. 2023. Ubicación Geográfica Disponible en <https://earth.google.com/web/@-16.49357564,-68.19340201,4052.66769111a,553.49451572d,35y,14.84851026h,1.17923427t,-0r>
- Gregoria. 2023. Tiempo mensual-El Alto, Departamento de La Paz, Bolivia. Disponible en <https://weather.com/es-US/tiempo/mensual//180ba45efb5f885c7c54c08f33bf794845c30d3384ae328a48c823c5267f597b>
- Guerena, M. 2007. Protectores del Suelo en el Cultivo de la Fresa. 109 p.
- Gutiérrez y Reyes, O. 2012. Automatización de un Sistema Invernadero con Hidroponía. Mexico, 89 p.
- INE, (Instituto Nacional de Estadística). 2022. Rendimiento por año agrícola según cultivos 1998-2022. La Paz, Bolivia, Disponible en <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/>
- INFOAGRO. 2010. Recuperado el 15 de 11 de 2015. Disponible en <http://www.infoagro.com>.
- INIA, (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2014. Cultivo de fresa en costa central.
- INTAGRI, (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura). 2015. Producción de Hortalizas en Sistema Hidropónico NFT Disponible en

<https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/produccion-de-hortalizas-en-sistemas-hidroponicos>.

Joublan, J. y 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. 37 - 47 p.

Liñan, C. 2021.

Desemillas. Place Published. Disponible en <https://www.buscador.portalteconoagricola.com/semillas/mex/producto-semillas/10414/SABRINAI>

LLAHUEN, (Empresa Líder en la Producción de Plantas de Frutilla). 2021. Disponible en <https://www.llahuen.com/san-andreas>

López y Aranda, J. 2009. La Industria de Frutilla en España. 3º Simposio Nacional sobre Pequeñas Frutas.

Mantilla, P. 2010. Proyecto de Factibilidad para la Producción y Exportación de Fresa Hidropónica. Ecuador 132 p.

Miserendino, E. 2007. Implantación del Cultivo Bajo Cubierta en Patagonia. Agricultura: Cosecha de Frutillas Argentina. 98 p.

Molino, I. y Roson, J. 1981. Relaciones entre el crecimiento vegetativo y la producción de fruto de la planta de fresa. Salamanca, CSIC. 215-222 p.

MRyT, (Ministerio Rural y Tierras). 2019. Principales Productores en el Mundo. Disponible en <https://observatorioagro.gob.bo/wp-content/uploads/2021/11/BOLIVIA-SERIE-AGRICOLA-2017-2018p-y-2018-2019p.pdf>

Nissen, J. y Hoffmann, J. 1988. Evaluación de Cuatro Sistemas de Manejo Hídrico sobre la Producción de Frutilla (Fragaria x ananassa D.) en la zona de Valdivia. Agro sur.

Nutre Vita. 2021. El Origen de la Frutilla Disponible en <https://grupofragaria.com/articulos/origen-de-la-frutilla-fresa/#:~:text=Las%20primeras%20frutillas%2Ffresas%20fueron,jardines%20de%20L%20uvre%20en%20Par%C3%ADs>.

Ochoa, R. 2016. Diseños Experimentales. La Paz - Bolivia, Ochoa Ediciones.

Pefaur, J. 2014. El Mercado de las Frutillas. Disponible en <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2014/08/Frutillas2014.pdf>

Ramírez, L. 2021. Análisis de los indicadores de competitividad de las exportaciones de fresa mexicana. Disponible en scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342020000400815

SADER, S. A. y. D. R. 2015. Hidroponia, una alternativa de cultivo. Gobierno de Mexico,

Salazar y Ramírez, N. 2011. Efecto de Diferentes Conductividades Eléctricas de Soluciones Nutritivas en Sistema NFT sobre Producción y Calidad Organoléptica de Frutilla Chilena. 49 p.

Salguero, J. 2014. Producción de Frutilla en Comarapa. Santa Cruz - Bolivia,

Sánchez, C. 2004. Hidroponía Paso a Paso. Cultivos sin tierra. Peru 56 p.

Tapia, F. 2013. Características, ventajas y Desafíos de los Sistemas Hidropónicos Asociados a la Horticultura. Huelva: Vallenar.

Villagrán, V. 2001. Agenda del Salitre. Capitulo XVIII, Frutilla Sociedad Química y Minera de Chile S.A. Chile,

Villagrán, V. 2012. Frutilla, Consideraciones Productivas y Manejo.

10. ANEXOS

Anexo 1. Análisis físico y químico de agua

ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA

Municipio: El Alto

18/10/2023



Resultados del análisis químico de agua en meq/L y ppm

Parámetros:

pH: 7,99

Conductividad eléctrica: 0,39 dS/m

Cationes:

Ca ⁺²	0,72	meq/L	Ca	14	ppm
Mg ⁺²	0,28	meq/L	Mg	3,4	ppm
K ⁺	0,05	meq/L	K	1,95	ppm
Na ⁺	0,13	meq/L	Na	3,0	ppm
NH ₄ ⁺	0,01	meq/L	N-NH4	0,1	ppm
Suma de cationes	1,19	meq/L			

Aniones:

NO ₃ ⁻	2,78	meq/L	N-NO ₃	38,9	ppm
SO ₄ ⁻²	0,8125	meq/L	S	26	ppm
H ₂ PO ₄ ⁻	0,008247	meq/L	P	0,3	ppm
CO ₃ ⁻²	0	meq/L	CO ₃	0	ppm
HCO ₃ ⁻	0,01	meq/L	HCO ₃	0	ppm
Cl ⁻	0,54	meq/L	Cl	19,2	ppm
Suma de aniones	4,15	meq/L			

TDS 276 ppm

SALT 124 ppm

Si está entre 0.300 Excelente; 300 - 600 Nivel bueno; 600 - 1200 nivel no recomendable

Microelementos:

Fe	0	ppm
Cu	0	ppm
Mn	0	ppm
Zn	0	ppm
B	0	ppm

Características del agua:

RAS 0,2

Dureza del agua 14 grados hidrotimétricos franceses (ghf)

CE generada por sales nocivas (Na, Cl, HCO₃) 0,05

CE generada por sales nutritivas 0,34

Si RAS < 3 no hay problemas de sodicidad

En consideración agua dura si ghf > 30

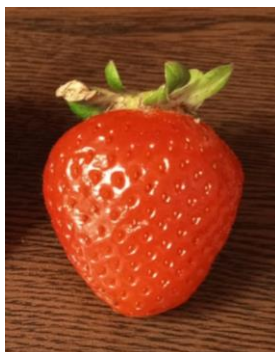
Cuántos ml/m³ se ocupan de ácido para bajar el pH del agua de riego hasta 5.5 - 6.6

Acido sulfúrico:	Densidad	1,84	g/cm ³	Pureza	98	%	-27,0	ml/m ³
Acido fosfórico:	Densidad	1,66	g/cm ³	Pureza	75	%	-78,1	ml/m ³
Acido nítrico:	Densidad	1,11	g/cm ³	Pureza	70	%	-80,4	ml/m ³

M. Sc. Víctor Paye Huaranca
GERENTE GENERAL DE LABSAS PRO

Anexo 2. Costo total del manejo del cultivo de frutilla hidropónica

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C.U. (Bs)	COSTO TOTAL	T1	T2	T3
INFRAESTRUCTURA							
Alquiler de la carpa	Meses	4	40	160	53	53	53
MANO DE OBRA							
instalacion del sistema	jornal	1	50	50	16,6	16,6	16,6
trasplante de plantula	jornal	1	50	50	16,6	16,6	16,6
MATERIAL VEGETAL							
Plantulas de frutilla		90	2	180	60	60	60
MATERIALES							
Barra de fierro Angular	3/8 pulgadas	2	79,5	159	53	53	53
Platino			20	20	6,6	6,6	6,6
Tubo PVC	3 pulgadas	6	50	300	100	100	100
Tapon hembra	4 pulgadas	1	6	6	2	2	2
Codo PVC	2 pulgadas	6	4	24	8	8	8
Reductor PVC	3 a 2 pulgadas	6	4	24	8	8	8
Mangera	¼ pulgadas	5	2	10	3,3	3,3	3,3
Cable	Nº 10	1	35	35	11,6	11,6	11,6
Ectrobomba	½ HP	1	700	700	233	233	233
Containel		1	250	250	83	83	83
Tanque almacenamiento de	200 litros	1	100	100	33	33	33
INSUMOS							
Cascarilla de arroz	Yute	1	24	24	8	8	8
Solución Nutritiva	10litros	2	50	100	33,3	33,3	33,3
TOTAL			1466,5	2192	729	729	729

Anexo 3. Fruto de la frutilla variedad San Andrea

Anexo 4. Fruto de la variedad Sabrina



Anexo 5. Fruto de la variedad Monterrey



Anexo 6. Tanque de almacenamiento de la reciculacion de agua



Anexo 7. Colecta de las plántulas de frutilla



Anexo 8. Plantulas de frutilla



Anexo 9. Trasplante de las plantulas de frutillas al sistema hidroponico



Anexo 10. Desarrollo de las plantas de frutilla



Anexo 11. Floracion de las plantas de frutilla



Anexo 12. Frutos en formacion



Anexo 13. Colecta de los frutos de frutilla